



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2005 050 286 A1 2006.04.20

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2005 050 286.5
(22) Anmeldetag: 13.10.2005
(43) Offenlegungstag: 20.04.2006

(51) Int Cl.⁸: **A61B 19/00** (2006.01)
A61B 6/03 (2006.01)
A61B 5/055 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
10/964,428 13.10.2004 US

(71) Anmelder:
General Electric Company, Schenectady, N.Y., US;
Sra, Jasbir Singh, Pewaukee, Wis., US

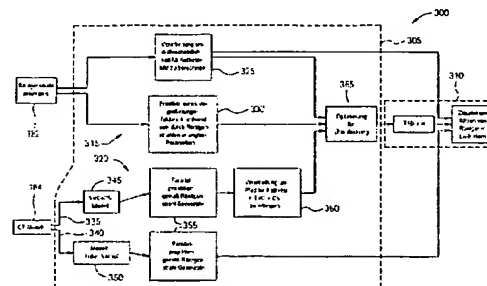
(74) Vertreter:
Rüger und Kollegen, 73728 Esslingen

(72) Erfinder:
Vaillant, Regis, Villabon sur Yvette, FR; Kotian,
Francois, Guyancourt, FR; Sra, Jasbir Singh,
Pewaukee, Wis., US; Cousty, Jean, Neuilly sur
Seine, FR; Launay, Laurent, Saint Remy les
Chevreuse, FR

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung, um dreidimensionale Modelle anatomischer Regionen eines Herzens und ein Positionsverfolgungssystem mit Projektionsbildern eines interventionellen Durchleuchtungssystems zur Deckung zu bringen**

(57) Zusammenfassung: Ein Bildgebungssystem (100) in einem medizinischen interventionellen Verfahren ist offenbart. Ein erstes Bildakquisitionssystem (115) ist dazu eingerichtet, ein Leuchtschirmbild (182) einer anatomischen Region (255) hervorzubringen. Ein zweites Bildakquisitionssystem (118) ist dazu eingerichtet, ein dreidimensionales Modell (184) der anatomischen Region (255) zu erzeugen. Ein interventionelles Positionsverfolgungssystem (405), das eine Positionsanzeige (410) aufweist, ist dazu eingerichtet, innerhalb der anatomischen Region (255) zu manövrieren. Ein erstes anatomisches Referenzsystem (117) ist sowohl dem ersten als auch dem zweiten Bildakquisitionssystem (115, 118) gemein, und ein zweites anatomisches Referenzsystem (420) ist sowohl dem ersten Bildakquisitionssystem (115) als auch dem interventionellen Positionsverfolgungssystem (405) gemein. Ein Verarbeitungsschaltkreis (170), der dazu eingerichtet ist, ausführbare Befehle zu verarbeiten, die dazu dienen, das zweite Bildakquisitionssystem (118) mit dem ersten Bildakquisitionssystem (115) zur Deckung zu bringen, um eine erste Überdeckung zu definieren, das interventionelle Positionsverfolgungssystem (405) mit dem ersten Bildakquisitionssystem (115) zur Deckung zu bringen, um eine zweite Überdeckung zu definieren, und das interventionelle Positionsverfolgungssystem (405) in Abhängigkeit von der ersten und zweiten Überdeckung mit dem zweiten Bildakquisitionssystem (118) zur Deckung zu bringen.



Beschreibung**HINTERGRUND**

[0001] Diese Erfindung betrifft ganz allgemein ein medizinisches Bildgebungssystem und insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung, die dazu dienen, dreidimensionale Modelle anatomischer Regionen mit einem interventionellen Positionsverfolgungssystem durch mit einem Röntgendurchleuchtungssystem gewonnene Projektionsbilder derselben anatomischen Regionen zur Deckung zu bringen.

Stand der Technik

[0002] Während einer Reihe interventioneller Verfahren zur Verbesserung der Elektrotherapie am Herzen muss der Arzt Katheter und/oder Elektroden innerhalb der Herzkammern führen. Zu den beiden kompliziertesten und am meisten verbreiteten Verfahren zählen beispielsweise Vorhofflimmern-(AF = atrial fibrillation)-Ablation und biventrikuläre Stimulation.

[0003] Das häufigste Herzrhythmusproblem ist das Vorhofflimmern, eine Herzrhythmusstörung, bei der die Vorhöfe (oberen Herzkammern) die Kontraktion einstellen, während sie flimmern. Es wird geschätzt, dass allein in den USA bei über 2 Million Menschen Vorhofflimmern auftritt. Aktuelle Daten lassen annehmen, dass dies die am meisten verbreitete Ursache für Klinikeinweisungen im Zusammenhang mit Herzrhythmusstörungen ist. Für von AF betroffene Patienten ist die Wahrscheinlichkeit für ein Auftreten von Komplikationen wie Schlaganfall und kongestiver Herzinsuffizienz hoch. Vorzeitige Herzvorhofkontraktionen können als Auslöser wirken und Anfälle von AF einleiten. Es wurde nachgewiesen, dass diese vorzeitigen Herzvorhofkontraktionen überwiegend in den Pulmonalvenen von dem linken Vorhof her ausgehen. Da seltene und nicht reproduzierbare vorzeitige Herzvorhofkontraktionen die Nützlichkeit einer Ablation von Auslöserorten begrenzen können, wurden vielfältige Chirurgie und Katheter einsetzende Techniken verwendet, um die Pulmonalvenen von dem linken Vorhof zu isolieren.

[0004] Eine der chirurgischen Techniken, die verwendet werden, um AF zu behandeln (abladieren), verwendet Anwendungen von Hochfrequenzwellen, um auf der Oberfläche des Herzens nahe der Verbindung zwischen den Pulmonalvenen und dem linken Vorhof kleine Narben zu erzeugen. Die durch die Hochfrequenzwellen erzeugten kleinen Narben neigen dazu, die ungleichmäßigen Impulse von AF anzuhalten, indem diese bewogen werden einen regulären Strompfad durch das Herz zu folgen. Typischerweise wird ein derartiges chirurgisches Verfahren mittels einer Brustkorbinzision durchgeführt. Gewöhnlich während einer Chirurgie, die aus anderen Gründen am offenen Herzen ausgeführt wird, z.B. während einer Herzklappenchirurgie oder Bypass-Chirurgie, benutzen Chirurgen speziell konstruierte Instrumente, um Hochfrequenzwellen in das abnormale Gewebe abzustrahlen. Diese Art einer chirurgischen Technik ist zwar effizient, wenn der Patient aus einem anderen Grund am offenen Herzen operiert wird, jedoch sind Katheter verwendende Behandlungsmethoden praktischer, solange für den Patienten keine sonstigen, eine invasive Chirurgie am offenen Herzen rechtfertigende Gründe vorliegen.

[0005] Einer der Kathetertechniken verwendet, nachdem ein Katheter durch ein Blutgefäß eingeführt wurde, ein mittels Fluoroskopie geführtes Positionieren desselben im linken Vorhof und die Applikation von Hochfrequenzenergie auf Bereiche, die doppelte Potentiale zeigen, die annehmen lassen, dass dies Stellen sind, die in der Lage sind, zwischen dem linken Vorhof und den Pulmonalvenen elektrisch zu leiten. Es wurde ferner nachgewiesen, dass eine Ablation an anderen Stellen, beispielsweise zwischen der Mitralklappe und den linken Pulmonalvenen und zwischen den Pulmonalvenen, wie sie während des chirurgischen Eingriffs durchgeführt wird, die Erfolgsrate einer AF-Ablation steigern kann. Die dreidimensionale Rekonstruktion des linken Vorhofs mittels einiger gegenwärtig verfügbarer Technologien, wobei es dem Arzt nicht möglich ist, die Pulmonalvenen-Ostia (Öffnung dieser Venen in den linken Vorhof hinein) von innen her sichtbar zu machen, die unterschiedlichen Abmessungen der Pulmonalvenen, und dementsprechend der Ostia der Pulmonalvenen, und die Schwierigkeit, die Abbildungs- und Ablationskatheter aufgrund der komplizierten dreidimensionalen Geometrie der Orte der Pulmonalvenen-Ostia in diesen Bereichen stabil zu halten, machen sämtliche gegenwärtigen Ansätze für eine Abbildung und Ablation mittels gegenwärtiger fluoroskopisch geführter Techniken ziemlich umständlich und zeitraubend. Wegen dieser Beschränkungen wurde bisher insbesondere bei Patienten mit dauerhaften Vorhofflimmern ein chirurgische Eingriff gegenüber einer Hochfrequenzkatheterablation bevorzugt, und es wird geschätzt, dass weniger als 20 Prozent der Patienten mit dauerhafter AF, die aufgrund der AF einer Hochfrequenzablation unterworfen werden, Vorteile aus diesem Ansatz ziehen.

[0006] Ein Faktor, der möglicherweise mit der oben erwähnten Beschränkung in Zusammenhang steht, ba-

siert darauf, dass der Anwender ein interventionelles Instrument gewöhnlich hauptsächlich mit Hilfe der Leuchtschirmbilder führt. Eine typische Aufgabe in einem derartigen Verfahren ist das Setzen eines Katheters an einer speziellen Position, z.B. an einer der Pulmonalvenen. Diese anatomischen Strukturen werden von dem Röntgensystem nur vage abgebildet, da sie gegenüber den umgebenden anatomischen Strukturen keinen Kontrast aufweisen.

[0007] Dieses medizinische Ziel wäre erheblich einfach zu bewältigen, wenn diese anvisierten anatomischen Strukturen in der exakten anatomischen Weise unabhängig von den umgebenden anatomischen Strukturen auf dem Leuchtschirmbild sichtbar wären.

[0008] Eine weiteres wichtiges Verfahren, wie es oben erwähnt ist, verwendet in der Therapie von Herzinsuffizienz biventrikuläre Stimulation. Obwohl die Fortschritte in der Behandlung kongestiver Herzinsuffizienz (CHF = Congestive Heart Failure) beachtlich sind, stellt diese Krankheit weltweit immer noch ein großes Problem auf dem Gesundheitssektor dar. Es wird geschätzt, dass in den USA und Europa 6–7 Million Menschen an CHF leiden, und bei etwa 1 Million Patienten wird jährlich CHF diagnostiziert.

[0009] Trotz wesentlicher Fortschritte in der Behandlung von CHF unter Verwendung vielfältiger pharmakologischer Therapien, ist die Lebensqualität von Patienten mit CHF eingeschränkt, da häufige Klinikeinweisungen erforderlich sind, und die Herzinsuffizienz eine verbreitete Todesursache ist. Darüber hinaus ist diese Problematik mit erheblichen Kosten verbunden.

[0010] Die normale elektrische Stimulierung im Herzen verwendet eine Stimulation der als Vorhöfe bezeichneten oberen Kammern, gefolgt von einer durch den linken und rechten Schenkel bewirkten simultanen Stimulation sowohl der rechten als auch der linken unteren Kammer, die als Ventrikel bezeichnet werden. Da Patienten mit fortgeschrittener CHF möglicherweise an einer Reizleitungssystemerkrankung leiden, die möglicherweise an der Verschlechterung der Herzfunktion beteiligt ist, wurden Stimulierungstherapien mit dem Ziel eingeführt, die Herzfunktion zu verbessern. Ein häufig festgestellte Reizleitungsanomalie ist der Linksschenkelblock (LBBB = Left Bundle Branch Block). In einer Untersuchung (Xiao HB, et al. mit dem Titel "Differing effects of right ventricular pacing and LBBB on left ventricular function", Br Heart J 1993; 69: 166–73) waren 29 % der Patienten mit CHF von LBBB betroffen. Linksschenkelblock verzögert den linksventrikulären Ausstoß aufgrund einer verzögerten linksventrikulären Erregung, da der elektrische Impuls von rechts nach links wandern muss, was, wie zuvor erwähnt, anstelle einer simultanen Erregung einer sequentiellen hervorruft. Darüber hinaus kontrahieren unterschiedliche Regionen der linken Herzkammer (LV) möglicherweise unkoordiniert.

[0011] Eine auch als biventrikuläre (Bi-V) Stimulation bekannte kardiale Resynchronisation zeigte günstige Ergebnisse bei Patienten mit CHF und LBBB. Während einer biventrikulären Stimulation werden sowohl die rechte als auch die linke Herzkammer (RV, LV) des Herzens gleichzeitig stimuliert, um die Herzpumpeneffizienz zu steigern. Weiter wurde kürzlich nachgewiesen, dass auch Patienten, die keine Reizleitungsanomalien wie LBBB aufweisen, Vorteile aus einer biventrikulären Stimulation ziehen können. Während einer biventrikulären Stimulation wird zusätzlich zu der Standard-Elektrode für den rechten Herzvorhof und das rechte Ventrikel, die gegenwärtig in verfügbaren Defibrillatoren oder Schrittmachern verwendet wird, eine zusätzliche Elektrode in dem Koronarsinus positioniert. Die zusätzliche Elektrode wird anschließend in einen der Zweige des Koronarsinus vorgeschoben, der auf der epikardialen (äußeren) linksventrikulären Oberfläche aufliegt. Wenn sich sämtliche Elektroden an Ort und Stelle befinden, werden die rechts- und linksventrikulären Elektroden gleichzeitig stimuliert und auf diese Weise eine Synchronisation mit der Vorhofkontraktion erzielt.

[0012] Es bestehen jedoch einige Probleme im Zusammenhang mit diesem Ansatz. Erstens ist diese Vorgehensweise zeitraubend. Zweitens ist ein Platzieren der LV-Elektrode auf verfügbare Orte beschränkt, die geeignete Stimulations- und Erfassungsparameter aufweisen. Und drittens ist eine Kanülierung des Koronarsinus aufgrund eines vergrößerten rechten Vorhofs, einer Drehbewegung des Herzens oder der Anwesenheit der Thebesius-Klappe (eines Ventils in der Nähe der Öffnung des Koronarsinus) möglicherweise schwierig. Es wurde auch über Koronarsinusstenose (Okklusion) bei Patienten berichtet, an denen früher eine Koronararterien-Bypass-Chirurgie durchgeführt wurde, was das Problem weiter erschwert.

[0013] In den meisten Fällen kommt es im Zusammenhang mit dem Platzieren der Koronarsinuselektrode im Laufe des interventionellen Eingriffs zu Problemen. Falls das Verfahren des Platzierens der Koronarsinuselektrode verworfen wird, wird der Patient in den Operationssaal zurück gebracht, und die LV-Elektrode wird epikardial positioniert. Während dieses Verfahrens wird an der seitlichen Thoraxwand eine Inzision durchgeführt, und die Elektrode wird an der Außenseite der linken Herzkammer platziert.

[0014] Leider ist auch die epikardiale Platzierung der Elektrode mit vielen Problemen verbunden, zu denen, jedoch ohne darauf beschränken zu wollen, zählen:

eingeschränkte Sicht auf den posterolateralen Bereich der linken Herzkammer bei Verwendung der auch als minimalinvasive Thorakotomie bezeichneten Inzision der Thoraxwand;

die beschränkte Anzahl von Platzierungsstellen, die geeignete Stimulations- und Erfassungsparameter bereitstellen;

das Unvermögen, die am besten geeignete Position und Platzierung der Elektrode an dem am besten geeigneten Ort zu identifizieren;

die potentielle Gefahr einer Beschädigung der Koronararterien und des venösen Systems; und

die auf ein oder mehrere der oben erwähnten Beschränkungen zurückzuführende Schwierigkeit einer Identifizierung der idealen Stimulationstelle.

[0015] Es wurde ferner nachgewiesen, dass LV-Stimulierung für sich genommen ebenso wirkungsvoll wie eine biventrikuläre Stimulierung kann sein. Allerdings wird in gegenwärtig verwendeten Techniken aufgrund der instabilen Natur der Koronarsinuselektrode eine Stimulations- und Messelektrode gewöhnlich in der rechten Herzkammer angeordnet.

[0016] Kardiale CT kann eingesetzt werden, um eine Blutwegkarte der Anatomie des Koronarsinus und des linken Ventrikels zu erzeugen, so dass sich für eine Bi-V/LV-Stimulierung entweder an dem am besten geeigneten Zweig des Koronarsinus, oder epikardial (von außen her) an der linksventrikulären Wand geeignete Stellen für das Platzieren einer LV-Stimulationselektrode identifizieren lassen. Mittels CT- oder MR-Bildgebung lassen sich auch Bereiche ohne Blutgefäße und Nerven, sowie Narbengewebe identifizieren. Diese Verfahren können außerdem verwendet werden, um die asymmetrische Kontraktion der Herzkammern zu ermitteln und unterschiedliche Regionen der Herzkammern zu identifizieren, die sich nicht in einer koordinierten Weise zusammenziehen. Die Anwesenheit einer auf frühere Herzanfälle zurückzuführenden Vernarbung kann diese unkoordinierte Kontraktion sogar noch verschlimmern.

[0017] Während eines interventionellen Verfahrens kann der Anwender ein interventionelles Instrument hauptsächlich mit Hilfe der Leuchtschirmbilder führen. Allerdings werden strategisch wichtige anatomische Strukturen, z.B. im Falle einer Planung eines interventionellen Vorgehens für AF der linke Vorhof und die Pulmonalvenen, und beispielsweise im Falle des Planens einer biventrikulären Stimulation der Koronarsinus und seine Zweige von dem Röntgensystem nicht abgebildet, da sie gegenüber den umgebenden anatomischen Strukturen keinen Kontrast aufweisen. Dementsprechend wäre die medizinische interventionelle Aufgabe erheblich leichter zu bewältigen, falls diese anvisierte anatomische Struktur auf dem Leuchtschirmbild sichtbar wäre.

[0018] In manchen Fällen kann der Anwender außerdem ein interventionelles Positionsverfolgungssystem benutzen, bei dem ein auf einem Katheter basierendes Positionsverfolgungssystem mit Navigationsfunktionen ausgestattet ist, die in der Lage sind, die Position des Katheters in einem vorgegebenen Referenzgebiet vorzusehen. Allerdings werden die durch die Sonde bereitgestellten Navigationsdaten in dem echten dreidimensionalen Modell nicht wiedergegeben.

[0019] Während vorhandene medizinische Verfahren unter bestimmten medizinischen Umständen angemessen und geeignet sein können, bestehen dennoch wesentliche verfahrensbedingte Beschränkungen. Um diese Nachteile zu beseitigen besteht daher nach dem Stand der Technik ein Bedarf nach einem verbesserten Verfahren und einer verbesserten Vorrichtung, um dreidimensionale Modelle anatomischer Regionen mit deren Projektionsbildern zur Deckung zu bringen, und die dreidimensionalen Modelle mit einem interventionellen Positionsverfolgungssystem zur Deckung zu bringen.

Ausführungsbeispiel

KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0020] Ausführungsbeispiele der Erfindung beinhalten ein Bildgebungssystem für den Einsatz in einem medizinischen interventionellen Verfahren. Ein erstes Bildakquisitionssystem ist dazu eingerichtet, ein Leuchtschirmbild von einer anatomischen Region zu erzeugen. Ein zweites Bildakquisitionssystem ist dazu eingerichtet, ein dreidimensionales Modell der anatomischen Region zu erzeugen; Eine interventionelles Positionsverfolgungssystem, das eine Positionsanzeige enthält, ist dazu eingerichtet, um innerhalb der anatomischen Region zu manövrieren. Ein erstes anatomisches Referenzsystem ist sowohl dem ersten als auch dem zweiten Bildakquisitionssystem gemein, und ein zweites anatomisches Referenzsystem ist sowohl dem ersten Bildak-

quisitionssystem als auch dem interventionellen Positionsverfolgungssystem gemein. Ein Verarbeitungsschaltkreis ist dazu eingerichtet, ausführbare Befehle zu verarbeiten, die dazu dienen, das zweite Bildakquisitionssystem mit dem ersten Bildakquisitionssystem zur Deckung zu bringen, um eine erste Überdeckung zu definieren, das interventionelle Positionsverfolgungssystem mit dem ersten Bildakquisitionssystem zur Deckung zu bringen, um eine zweite Überdeckung zu definieren, und das interventionelle Positionsverfolgungssystem in Abhängigkeit von der ersten und zweiten Überdeckung mit dem zweiten Bildakquisitionssystem zur Deckung zu bringen.

[0021] Andere Ausführungsbeispiele der Erfindung beinhalten ein Verfahren, das dazu dient, ein dreidimensionales Modell einer anatomischen Region eines Patienten mit einem auf einem Katheter basierenden Positionsverfolgungssystem zur Deckung zu bringen, wobei das auf einem Katheter basierende Positionsverfolgungssystem einen Katheter mit einer Positionsanzeige aufweist. Der die Positionsanzeige aufweisende Katheter wird innerhalb der anatomischen Region angeordnet, und es wird ein Leuchtschirmbild von der anatomischen Region erzeugt. Ferner wird ein dreidimensionales Modell der anatomischen Region erzeugt. Mittels eines ersten gemeinsamen anatomischen Referenzsystems und eines dem Katheter zugeordneten unterscheidbaren Parameters wird das dreidimensionale Modell mit dem Leuchtschirmbild zur Deckung gebracht, wodurch eine erste Überdeckung definiert wird. Mittels eines zweiten gemeinsamen anatomischen Referenzsystems und von der Positionsanzeige ausgegebenen Signalen, die die Position des Katheters in dem Leuchtschirmbild kennzeichnen, wird das auf einem Katheter basierende Positionsverfolgungssystem mit dem Leuchtschirmbild zur Deckung gebracht, wodurch eine zweite Überdeckung definiert wird. Mittels der ersten Überdeckung und der zweiten Überdeckung wird das dreidimensionale Modell mit dem auf einem Katheter basierenden Positionsverfolgungssystem zur Deckung gebracht.

[0022] Weitere Ausführungsbeispiele der Erfindung beinhalten ein Softwareprodukt, das dazu dient, ein dreidimensionales Modell einer anatomischen Region eines Patienten mit einem auf einem Katheter basierenden Positionsverfolgungssystem zur Deckung zu bringen, wobei das auf einem Katheter basierende Positionsverfolgungssystem einen Katheter mit einer Positionsanzeige aufweist. Das Produkt enthält ein durch einen Verarbeitungsschaltkreis auslesbares Speichermedium, das Befehle für eine Ausführung durch den Verarbeitungsschaltkreis speichert, um einige oder sämtliche Abschnitte des oben erwähnten Verfahrens auszuführen.

[0023] Noch weitere Ausführungsbeispiele der Erfindung beinhalten ein Softwareprodukt, das dazu dient, ein dreidimensionales Modell einer anatomischen Region eines Patienten mit dessen anhand eines interventionellen Röntgendurchleuchtungssystems gewonnenen Projektionsbildern zur Deckung zu bringen. Das Produkt enthält ein durch einen Verarbeitungsschaltkreis auslesbares Speichermedium, das Befehle für eine Ausführung durch den Verarbeitungsschaltkreis speichert, um einige oder sämtliche Abschnitte des oben erwähnten Verfahrens auszuführen, und um die Einführung einer Katheterlieferungs Vorrichtung in den interessierenden anatomischen Bereich zu überwachen, wobei die Katheterlieferungs Vorrichtung über das zur Deckung gebrachte Modell zu einem interessierenden anatomischen Ort navigiert wird, und die Katheterlieferungs Vorrichtung verwendet wird, um eine Therapie zu liefern.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0024] Es wird nun auf die Figuren eingegangen, die Ausführungsbeispiele zeigen, und in denen gleichartige Elemente mit denselben Bezugsnummern versehen sind:

[0025] Fig. 1 veranschaulicht ein verallgemeinertes Schema eines Bildgebungssystems für den Einsatz in einem medizinischen interventionellen Verfahren;

[0026] Fig. 2 veranschaulicht eine vergrößerte Ansicht eines Abschnitts des Systems nach Fig. 1;

[0027] Fig. 3 veranschaulicht ein verallgemeinertes Flussdiagramm eines Verfahrens zur Verwirklichung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung mittels des Bildgebungssystems nach Fig. 1;

[0028] Fig. 4A, B und C veranschaulichen ein exemplarisches Zurdeckungbringen, d.h. Ausrichten eines dreidimensionalen Modells mit einem Leuchtschirmbild, gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0029] Fig. 5A, B, C, D, E und F veranschaulichen eine Gültigkeitsprüfung des Ausrichtvorgangs, ausgeführt gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0030] Fig. 6 veranschaulicht ein verallgemeinertes Flussdiagramm eines Ausrichtvorgangs gemäß einem

Ausführungsbeispiel der Erfindung;

[0031] **Fig. 7** veranschaulicht einen exemplarischen Katheter für eine Verwendung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

[0032] **Fig. 8** veranschaulicht eine Wahrscheinlichkeitsregion für eine Verwendung gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0033] Durch Nutzen der Fähigkeit der CT zu einer dreidimensionalen Bildgebung, und indem diese Bilder mit Projektionsbildern des Röntgendurchleuchtungssystems zur Deckung gebracht werden, lassen sich Pulmonalvenen und andere im Zusammenhang mit dem Auslösen und Aufrechterhalten von AF stehende Bereiche exakt und bequem identifizieren, was die mit einem Katheterverfahren zu erzielende Erfolgsrate verbessert.

[0034] Hier offenbarte Ausführungsbeispiele der Erfindung schaffen ferner ein System und Verfahren, durch die sich dreidimensionale Modelle anatomischer Strukturen, z.B. der Koronarsinus und die linke Herzkammer, mit Projektionsbildern des Röntgendurchleuchtungssystems zur Deckung bringen lassen, wodurch ermöglicht wird, die Stimulationselektroden zu navigieren und an der am besten geeigneten Stelle zu platzieren.

[0035] Durch ein Zurdeckungbringen des Positionsverfolgungssystems in dem Referenzgebiet des interventionellen Röntgendurchleuchtungssystems sollte sich die Erfolgsrate einer Kathetertechnik verwendenden AF-Ablation verbessern lassen, und ein Navigieren der LV-Elektrode zu der am besten geeigneten Stelle sollte eine Verbesserung der Effizienz einer biventrikulären oder LV-Stimulierung begünstigen.

[0036] Ausführungsbeispiele der Erfindung benutzen das Referenzgebiet der Projektionsbilder des interventionellen Röntgendurchleuchtungssystems, um das Positionsverfolgungssystem in dem Referenzgebiet des interventionellen Systems zur Deckung zu bringen. Dies wird erreicht, nachdem das dreidimensionale Modell des interessierenden anatomischen Bereichs mit dem interventionellen Röntgendurchleuchtungssystem zur Deckung gebracht wurde. Ein Zurdeckungbringen des dreidimensionalen interessierenden anatomischen Bereichs, der anhand einer Bildgebungsvorrichtung, beispielsweise eines CT-Scanners gewonnen wurde, wird mit dem Röntgendurchleuchtungssystem unter Verwendung eines Instruments, beispielsweise eines Katheters oder einer Elektrode durchgeführt, die durch einen Arzt in einem Bereich der anatomischen Region, z.B. dem Koronarsinus oder der rechten Herzkammer platziert wird. Eine detaillierte Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung wird hier mit Bezug auf die unterschiedlichen Figuren anhand von Beispielen und ohne Beschränkung vorgelegt.

[0037] **Fig. 1** veranschaulicht ein verallgemeinertes Schema eines Bildgebungssystems **100**, beispielsweise für den Einsatz in einem medizinischen interventionellen Verfahren, z.B. in einem AF-Ablationsverfahren oder in einem biventrikulären Verfahren. In einem Ausführungsbeispiel gehören zu dem Bildgebungssystem **100**: eine Bildgebungsvorrichtung **110**, um kardiale Bilddaten, beispielsweise Bilddaten des linken Vorhofs und des Koronarsinus zu erzeugen, ein Datenakquisitionssystem **120**, um die kardialen Bilddaten von der Bildgebungsvorrichtung **110** zu akquirieren, eine Akquisitionsdatenbank **130** zum Speichern der von dem Datenakquisitionssystem **120** ausgegebenen kardialen Bilddaten, ein Bilderzeugungssystem **140**, um anhand der in der Akquisitionsdatenbank **130** gespeicherten kardialen Bilddaten ein betrachtbares Bild zu erzeugen, eine Bilddatenbank **150**, um das von dem Bilderzeugungssystem **140** erzeugte, betrachtbare Bild zu speichern, ein Anwenderschnittstellensystem **160**, um die Bildgebungsvorrichtung **110** und die kardialen Bilddaten und das betrachtbare Bild in den Datenbanken **130**, **150**, die in einer Datenbank zusammengeführt sein können, zu verwalten, und ein Verarbeitungssystem **180**, das dazu dient, das in der Datenbank **150** gespeicherte betrachtbare Bild zu analysieren und wiederzugeben, und das auf das Anwenderschnittstellensystem **160** anspricht. Die Verarbeitungssoftware in dem Verarbeitungssystem **180** enthält Befehle und ist daher dazu eingerichtet, um Daten und Displaybilder zu analysieren, wodurch das Verarbeitungssystem **180** von einem allgemeinen Prozessor zu einem spezialisierten Prozessor umgewandelt wird. Gescannte Daten, die sich in ein betrachtbares Bild konvertieren lassen, werden hier als Bilddaten bezeichnet.

[0038] Systemkommunikationsverbindungen **210**, **212**, **216**, **218** und Datenbankkommunikationsverbindungen **220**, **222** stellen ein Mittel für die Signalübertragung zwischen den Systemen **110**, **120**, **140**, **160**, **180** und den Datenbanken **130**, **150** bereit. Die Kommunikationsverbindungen **210–222** können festverdrahtet oder drahtlos sein. Das Anwenderschnittstellensystem **160** kann ein eigenständiger Eingabe/Ausgabe-Terminal oder ein Rechner sein, der Befehle in vielfältigen Maschinensprachen für die Verwendung auf vielfältigen

Rechnerplattformen enthält; beispielsweise sind dies, jedoch ohne darauf beschränken zu wollen, auf DOS™ basierende Rechnersysteme, auf Apple™ basierende Rechnersysteme, auf Windows™ basierende Rechnersysteme, auf HTML basierende Rechnersysteme, auf spezialisierte Programmiersprachen basierende Rechnersysteme, oder dergleichen.

[0039] Das Anwenderschnittstellensystem **160** enthält einen Prozessor **170**, beispielsweise einen Mikroprozessor (MP) oder einen beliebigen sonstigen für die hier offenbarten Zwecke geeigneten Verarbeitungsschaltkreis, der dazu dient: die Bildgebungsvorrichtung **110** zu steuern, die Datenakquisitions- und Bilderzeugungssysteme **120**, **140** zu steuern, die Daten in den Akquisitions- und Bilddatenbanken **130**, **150** zu verarbeiten und zu verwalten, und die Verarbeitung in dem Verarbeitungssystem **180** zu steuern. Zu dem Anwenderschnittstellensystem **160** gehören ferner: ein Arbeitsspeicher **200**, der spezielle Befehle enthält, die sich auf medizinische Scanvorgänge beziehen, Anwendereingabemittel, beispielsweise eine Tastatur **162**, und Anwenderausgabemittel, beispielsweise Displays **164**, **166**. In einem Ausführungsbeispiel kann das Schnittstellensystem **160** und das Verarbeitungssystem **180** integral eingerichtet sein. Das Display **164** kann für Untersuchungsanleitungen eingerichtet sein und das Display **166** kann für eine Visualisierung eingerichtet sein. Alternativ können die Displays **164** und **166** in einem Display integriert sein. Die Untersuchungsanleitungen beinhalten derartige Eingabeparameter wie: CT-Scan- oder Scanbereichssteuerung, Röntgensystemsteuerung, Datenakquisitionssteuerung und dergleichen. Das Anwenderschnittstellensystem **160** kann auch während einer aktuellen interventionellen Prozedur verwendet werden, um auf dem Display, wie weiter unten erläutert, sowohl Leuchtschirmbilder als auch dreidimensionale CT-Bilder wiederzugeben. Während einer aktuellen interventionellen Prozedur nimmt der Datenzugangspunkt **205** von einer medizinischen Sonde, beispielsweise einem Katheter **260**, Daten entgegen, was eine Analyse der Daten während der aktuellen interventionellen Prozedur in Echtzeit ermöglicht.

[0040] Die Bildgebungsvorrichtung **110** enthält einen Elektrokaridogramm-(EKG)-Monitor **112** der R-Scheitelpunkteereignisse **114**, die im Allgemeinen den Beginn eines Herzzyklus beschreiben, über eine Schnittstellenplatine **116** an einen Scanner **118**, beispielsweise einen CT-Scanner, ausgibt, ein Röntgendurchleuchtungssystem **115** und eine Patientenliege **117**. Der Scanner **118** und das Röntgendurchleuchtungssystem **115** sind alternativ hier als Bildakquisitionssysteme bezeichnet. Die Schnittstellenplatine **116** ermöglicht eine Synchronisation zwischen den Scannerdaten und den EKG-Monitordaten. Alternativ kann die Schnittstellenplatine **116** dafür eingesetzt werden, um den EKG-Monitor **112** mit dem Scanner **118** zu verbinden. Ein Beispiel einer Schnittstellenplatine **116** ist eine Gantryschnittstellenplatine. Ein exemplarischer Scanner **118** ist ein kardiales Computertomographie-(CT)-System das kardiale Bildgebung unterstützt, EKG-zeitgefilterte Rekonstruktion gefolgt von einer Segmentationsrekonstruktion dreidimensionaler Modelle (in der diastolischen Phase) ermöglicht ein Bildgebung des Herzens, die frei von Bewegung ist. Während des Sinusrhythmus wird bei 75 % des Herzzyklus (in der Diastole) eine Segmentationsrekonstruktion durchgeführt. Eine Phasenposition wird bei etwa 45 % des Herzzyklus ausgewählt, wo sich der Patient im Zustand des Vorhofflimmerns befindet. Diese Phase wird gewählt, da die R-R-Intervalle kürzer sind. Allerdings dient der dargestellte Scanner **118** lediglich als Beispiel zur Veranschaulichung; es können auch andere aus dem Stand der Technik bekannte Bildgebungssysteme verwendet werden. Zu Beispiele anderer Bildgebungssysteme gehören, ohne darauf beschränken zu wollen, Röntgensysteme (einschließlich sowohl herkömmliche als auch digitale oder digitalisierte Bildgebungssysteme), Magnetresonanz-(MR)-Systeme, Positronenemissionstomographie-(PET)-Systeme, Ultraschallsysteme, nuklearmedizinische Systeme und dreidimensionale Röntgendurchleuchtungssysteme. Die Bildgebungsvorrichtung **110** kann für die Verwendung, wie sie hier offenbart ist, sowohl einen Scanner **118** als auch ein Röntgendurchleuchtungssystem **115** aufweisen, oder das Bildgebungssystem **100** kann zwei Bildgebungsvorrichtungen **110**, **110'** enthalten, wobei die Bildgebungsvorrichtung **110** einen CT-Scanner **118** enthält, und die Bildgebungsvorrichtung **110'** ein Röntgendurchleuchtungssystem **115** aufweist. Das Röntgendurchleuchtungssystem **115** wird im Vorliegenden auch als ein interventionelles System oder ein erstes Bildakquisitionssystem bezeichnet, und der CT-Scanner **118** wird hier auch als ein 3D-Modellsystem oder ein zweites Bildakquisitionssystem bezeichnet.

[0041] **Fig. 2** veranschaulicht ein interventionelles System **115**, in dem an einem auf einer Liege **117** angeordneten Patienten **250** ein Katheter **260** innerhalb einer anatomischen Region **255**, beispielsweise dem Koronarsinus im Herzen des Patienten, platziert wird. In einem Ausführungsbeispiel wird der Katheter **260** bei einer bekannten anatomischen Struktur in der anatomischen Region (beispielsweise dem Koronarsinus bei dem Herzen) an einer Stelle positioniert, die durch den Schnittpunkt einer horizontalen Ebene **265** und der Geraden **270** definiert ist, die den Brennpunkt **275** der Röntgenstrahlenquelle **280** des Röntgendurchleuchtungssystems **115** mit der Projektion des Katheters **260** verbindet. Andere anatomische Regionen können eine Herzkammer, z.B. die rechte Herzkammer im Falle einer Stimulations/Defibrillationselektrode in einer biventrikulären Stimulation, oder beispielsweise eine Pulmonalvene einschließen, und weitere anatomische Strukturen können bei-

spielsweise eine Mitralklappe, Pulmonalvenen-Ostia, einen Verbindungsknoten in einen der Vorhöfe oder einen Verbindungsknoten in einer Herzkammer umfassen. Es ist allerdings nicht beabsichtigt, Ausführungsbeispiele der Erfindung lediglich auf jene anatomischen Regionen und Strukturen zu beschränken, die hier offenbart sind. In einem Ausführungsbeispiel ist die Position der horizontalen Ebene 265 durch eine Höhe h definiert, in der die bekannte anatomische Struktur (Koronarsinus) in der anatomischen Region (Herz) 255 über dem anatomischen Referenzsystem (Liege) 117 angeordnet ist. Auf diese Weise kann eine bekannte Position des Katheters 260 in dem Röntgendurchleuchtungssystem 115 und in dem 3D-Modellsystem 118 festgestellt werden.

[0042] Mit nochmaligem Bezug auf Fig. 1 verfügt die Bildgebungsvorrichtung 110 ferner über Fähigkeiten einer EKG-zeitgefilterten Akquisition oder Bildrekonstruktion 135, um das Herz gewöhnlich in seiner diastolischen Phase frei von Bewegung abzubilden. Die Schnittstelle mit dem EKG-Monitor 112 ermöglicht eine Akquisition der kardialen elektrischen Impulse in Echtzeit und erlaubt eine zeitgefilterte Akquisition oder retrospektive Rekonstruktion der akquirierten Daten. Wie zuvor erwähnt, könnte diese während des Sinusrhythmus beispielsweise bei 75 % und aufgrund kürzerer R-R-Intervalle während des Vorhofflimmerns bei etwa 45 % erfolgen. Dies ermöglicht eine Eliminierung der kardialen Bewegung, dadurch, dass das Herz in derselben Phase der Diastole abgebildet wird. Die akquirierten Daten können in einer Datenbank gespeichert werden oder eingesetzt werden, um das gewünschte Bild mittels eines oder mehrerer für die Bildgebung optimierter Protokolle zu erzeugen. In einem Ausführungsbeispiel wird der von dem Bilderzeugungssystem 140 stammende Bilddatenstrom für eine Wiedergabe und Visualisierung über ein Verbindungselement 212 an das Anwenderschnittstellensystem 160, und über eine Kommunikationsverbindung 216 an das Verarbeitungssystem 180 übermittelt. Die von der Software in dem Anwenderschnittstellensystem 160 verwendeten Bilddaten für die Untersuchungsanleitungen und für die Visualisierung können in der Bilddatenbank 150 gespeichert werden. Die Bildgebungsdaten können in einem Archiv 167 gespeichert, auf einem Film 168 festgehalten, und/oder für eine Analyse und Durchsicht, die eine dreidimensionale Nachverarbeitung einschließt, über ein Netzwerk 169 an das Verarbeitungssystem 180 übermittelt werden. Das 3D-Modellbild 184 und das Leuchtschirmbild 182 können jedes für sich oder kombiniert auf einem Display 186 betrachtet werden. Im Falle einer AF-Planung ermöglicht eine Nachverarbeitungssoftware in dem Verarbeitungssystem 180 detaillierte dreidimensionale und endokardiale Ansichten des linken Vorhofs und der Pulmonalvenen. Diese und sonstige Bilder können gespeichert und während des interventionellen Eingriffs betrachtet werden.

[0043] Die Bildgebungsvorrichtung 110 enthält ferner Schaltungen zum Akquirieren von Bilddaten und zum Transformieren der Daten in ein brauchbares Format, das anschließend verarbeitet wird, um ein rekonstruiertes Bild interessierender Merkmale zu erzeugen, die im Innern des Patienten vorliegen. Der Bilddatenakquisitions- und verarbeitungsschaltkreis wird häufig unabhängig vom Typ des Bildgebungssystem als ein "Scanner" bezeichnet, da häufig gewisse Formen eines physikalischen oder elektronischen Scannens in dem Bildgebungsvorgang vorkommen. Die speziellen Systemkomponenten und zugehörigen Schaltungen unterscheiden sich von Bildgebungssystem zu Bildgebungssystem aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen an die Physik und die Datenverarbeitung der verschiedenen Systeme erheblich. Allerdings wird es als Vorteil angesehen werden, dass die vorliegende Erfindung unabhängig von der Wahl eines speziellen Bildgebungssystem verwendet werden kann.

[0044] Die Daten werden von der Bildgebungsvorrichtung 110 an das Subsystem 230 ausgegeben, das Software enthält, um in dem Datenakquisitionssystem 120 eine Datenakquisition und in dem Bilderzeugungssystem 140 eine Bilderzeugung durchzuführen. Die Steuerung der Daten erfolgt entweder durch das Anwenderschnittstellensystem 160 oder innerhalb des Subsystems 230 über eine Kommunikationsverbindung 212. Die von der Bildgebungsvorrichtung 110 ausgegebenen Daten, zu denen R-Scheitelpunkteignisse 114 gehören, werden in der Akquisitionsdatenbank 130 gespeichert. Die Datenakquisition in dem System 120 wird gemäß einem oder mehreren Akquisitionsprotokollen durchgeführt, die für eine Bildgebung am Herzen und insbesondere am rechten Vorhof und/oder Koronarsinus optimiert sind.

[0045] In einem Ausführungsbeispiel werden die dreidimensionalen Bilddaten des Vorhofs unter Verwendung eines für den linken Vorhof optimierten Protokolls erzeugt, beispielsweise eines Koronararterienbildgebungsprotokolls oder CardEP-Protokolls. Zu in diesen Protokollen verwendeten exemplarischen Parametern gehören Gantryperioden von 0,5 Sekunden mit Spiralganghöhenfaktoren von 0,375, 120 kV, 250 Milliampere und 0,625 oder 1,25 mm (Millimeter) Schichtbilddicke. Diese Funktionen können mit im Handel erhältlichen, serienmäßig erstellten Softwaretools ausgeführt werden, beispielsweise hochentwickelter Gefäßanalyse (AVP = Advanced Vessel Analysis) oder CardEP. Nachdem die oben erwähnten Tools auf die Bilddaten angewandt wurden, kann an diesen eine weitere Verarbeitung vorgenommen werden, beispielsweise Schwellwertoperation, Floater-Filterung und Grobsieben. Diese Prozesse werden verwendet, um die Bilder aufzubessern,

und können automatisiert werden. Automatisierte Prozesse können von dem Anwender Warteschlangen abverlangen, da der Anwender durch die Bedienungssoftware schrittweise durch das Verfahren geführt wird. Anschließend an den Bildsäuberungsvorgang werden die übrigen kardialen Kammern eliminiert und lediglich der linke Vorhof wird sichtbar gemacht. Danach lässt sich ein detailliertes 3D-Bild des linken Vorhofs und der Pulmonalvenen erzeugen. Die dreidimensionale und endokardiale (d.h. von innen genommenen) Ansichten werden durch Volumenrenderingstechniken mittels einer Vielfalt von im Handel erhältlichen Softwarepakete zum Volumenrendern, beispielsweise VR und Cardiac Image Quality (CARDIQ) visualisiert. Sobald die 3D-Bilder erzeugt sind, ist die Geometrie des dreidimensionalen Modells mit jener des Röntgendurchleuchtungssystems zur Deckung zu bringen.

[0046] Zurdeckungbringen bezeichnet das Verfahren eines fluchtenden Ausrichtens von Bildern. "Intra-subject Multimodality Registration" bezeichnet ein Zurdeckungbringen zweier unterschiedlicher Verfahren in demselben Patienten. Die Anzahl von Parametern, die erforderlich sind, um eine Transformation (Überdeckung/Zurdeckungbringen) zu beschreiben wird im vorliegenden als Anzahl der "Freiheitsgrade" bezeichnet. Voraussetzend wird angenommen, dass sich das dreidimensionale Modell wie ein starrer Körper verhält, da die Anatomie der anatomischen Struktur, die zur Deckung gebracht wird, sich nicht erheblich verändert hat. In diesem Fall werden 3 Translations- und 3 Rotationsfreiheitsgrade, d.h. zusammen 6 Freiheitsgrade, eine erfolgreiche Überdeckung ermöglichen. Jede für das Zurdeckungbringen verwendete Vorrichtung muss im Sinne einer Annäherung an die Abmessung des anatomischen dreidimensionalen Modells kalibriert werden. Dies erfordert 3 zusätzliche Freiheitsgrade, was einem "maßstäblichen Anpassen" in jeder Richtung gleichkommt. Falls sich ein Satz von entsprechenden anatomischen Orientierungspunkten (Bezugsmarken) x und y identifizieren lässt, ist es möglich, das Zurdeckungbringen zu beeinflussen, indem eine Transformation gewählt wird, die diese Bereiche fluchtend anordnet. Jede in der Vorrichtung verwendete Ansicht wird als das Koordinatensystem bezeichnet, das einen Raum in der Ansicht definieren wird. Ein erfolgreiches Zurdeckungbringen wird beispielsweise die Bestimmung einer Transformation zwischen den Bezugspunkten in einem Raum (X) der einen Ansicht beispielsweise mit jenen eines weiteren Raums (Y) einbeziehen. Ein erfolgreiches Zurdeckungbringen wird ein Bestimmen einer Transformation T zwischen Bezugspunkten in dem " X "-Raum mit jenen in dem " Y "-Raum einbeziehen, der den Fehler $T(x) - y$ minimiert, wobei $T(x) = Ry + t$ ist, R die Rotation ist, und t die Translation ist.

[0047] Eine Transformationsmatrix definiert, wie Punkte eines räumlichen Koordinatensystems in ein anderes räumliches Koordinatensystem abzubilden sind. Durch Identifizieren der Inhalte der Transformationsmatrix lassen sich einige Standardoperationen, beispielsweise Rotation, Translation und Skalierung ausführen.

[0048] Ein Identifizieren und fluchtendes Ausrichten anatomischer Orientierungspunkte in zwei räumlichen Koordinatensystemen, um ein erfolgreiches Zurdeckungbringen zu erreichen, kann mit nicht unerheblichen Problemen verbunden sein. Anstelle eines fluchtenden Ausrichtens anatomischer Strukturen, verwendet ein einzigartiges Merkmal der vorliegenden Erfindung ein Zurdeckungbringen, das ausgeführt wird, indem die anatomischen Strukturen fluchtend mit einem Instrument ausgerichtet werden, das durch den Arzt in der anatomischen Struktur platziert wurde. Während auch andere Instrumente, beispielsweise eine Elektrode, in einer anatomischen Struktur, z.B. im Falle einer biventrikulären Stimulation in der rechten Herzkammer, platziert werden können, verwendet das hier offenbarte Ausführungsbeispiel einen in dem Koronarsinus gesetzten Katheter.

[0049] Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung verwendet ein Zurdeckungbringen des Leuchtschirmbilds mit dem dreidimensionalen Modell der anatomischen Struktur. Wie in den im Einzelnen weiter unten erläuterten **Fig. 4A**, B und C abgebildet, ist der in dem Koronarsinus positionierte Koronarsinuskatheter deutlich auf dem röntgenologischen Projektionsbild zu erkennen. Das Leuchtschirmbild kann auch als ein interventionelles System verwendet werden, um den Abbildungs- und Ablationskatheter und/oder die Stimulationselektrode zu orten, während diese zu der geeigneten Stelle navigiert werden. Ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung bezieht die Verwendung der Bewegung des Koronarsinuskatheters ein, um die Phase der Herzbewegung zu ermitteln. Neben einem Bewerten der kontinuierlichen Bewegung der Kammer, z.B. des linken Vorhofs, kann die Bewegung des Katheters ferner genutzt werden, um ein Zurdeckungbringen derselben Phase der Diastole (beispielsweise bei 75 % des Herzzyklus) durchzuführen, wo das CT-Bild rekonstruiert wird.

[0050] **Fig. 5A**, B, C, D, E und F wurden für eine Gültigkeitsprüfung des Ausrichtvorgangs verwendet, der gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung mittels der Injektion von Kontrastmittel in eine der Pulmonalvenen ausgeführt wurde. Wie zu sehen, veranschaulichen **Fig. 5A**, B, C, D, E und F die Injektion eines Kontrastmittels in die rechte obere Pulmonalvene (RSPV = Right Superior Pulmonary Vein) durch eine in die RSPV gesetzte Hülse. Das Kontrastmittel wird injiziert, nachdem das Zurdeckungbringen vollendet ist, um die Genauigkeit der Überdeckung zu bewerten. In **Fig. 5A** ist kein Kontrastmittel vorhanden, während **Fig. 5B** die Injek-

tion des Kontrastmittels zeigt, gefolgt von einem allmählichen Auswaschen, wie in den nachfolgenden **Fig. 5C**, **D** und **E** gezeigt. In **Fig. 5F** ist kein Kontrastmittel mehr zu sehen, was annehmen lässt, dass dieses vollständig ausgewaschen ist. Ohne eine spezielle Erläuterung ist nachgewiesen, dass die mit Kontrastmittel gefüllte RSPV die auf dem zur Deckung gebrachten CT-Bild gezeigte RSPV ausgezeichnet überdeckt, was eine genaue Überdeckung annehmen lässt.

[0051] Das Bilderzeugungsmodell des Röntgendurchleuchtungssystems ist eine konische Projektion. Die Position der Mitte der Projektion und die Position der Bildgebungsebene sind in Bezug auf ein anatomisches Referenzsystem, beispielsweise die Patientenliege **117**, grundsätzlich gut beschrieben. Dieses anatomische Referenzsystem **117** ist kohärent mit jenem, das zum Positionieren des dreidimensionalen Modells verwendet wurde, das anhand des CT-Systems **118** erhalten wurde.

[0052] Unter der Annahme, dass eine bedienenden Fachkraft während des Positionierens des Patienten in den beiden Akquisitionssystemen, d. h. in dem Röntgendurchleuchtungssystem **115** und in dem CT-System **118**, nach einem bestehenden Protokoll vorgeht, kann davon ausgegangen werden, dass das anatomische Referenzsystem **117** den beiden Akquisitionssystemen insbesondere mit Blick auf eine Orientierung gemein ist, d. h. eine Rotation zwischen den beiden Referenzsystemen kann als vernachlässigbar angesehen werden.

[0053] Während des interventionellen AF-Verfahrens wird routinemäßig ein von der oberen Hohlvene (SVC) ausgehender Koronarsinuskatheter gesetzt. Wie zuvor erwähnt, und um die Überdeckung des 3D-Modellbild **184** mit dem Leuchtschirmbild **182** zu erreichen, wird ein (in **Fig. 4** vor Ort dargestellter) Katheter **260** während des Betriebs eines Röntgendurchleuchtungssystems **115** verwendet, das nun mit Bezug auf **Fig. 3** in Verbindung mit **Fig. 1** und **Fig. 2** beschrieben wird. Als ein wichtiger Nebenaspekt sollte jedoch beachtet werden, dass die geometrische Struktur des Katheters **260** möglicherweise nicht ausreichend kontrastreich ist, um ein vollständiges Zurdeckungbringen der beiden Modalitäten zu ermöglichen, ohne hier offenbarte Ausführungsbeispiele der Erfindung zu verwenden. Beispielsweise, und im Falle einer koronaren Bildgebung, ist ein Skalierungsfaktor, der lediglich anhand der bestehenden Beziehung zwischen der oberen oder unteren Hohlvene (SVC, IVC) und dem Koronarsinus (CS) in Verbindung mit dem innerhalb des CS befindlichen Katheters **260** berechnet wurde, möglicherweise für ein exaktes Zurdeckungbringen nicht ausreichend genau.

[0054] **Fig. 4A** zeigt das mittels einer CT-Bildgebung und Segmentation in einer anteroposterioren (AP) Ansicht erlangte dreidimensionale Modell des linken Vorhofs. In **Fig. 4B** ist ein mittels eines Röntgendurchleuchtungssystems gewonnenes Projektionsbild des Herzens abgebildet, wobei durch den Arzt an unterschiedlichen Orten mehrere Katheter, einschließlich des Koronarsinuskatheters gesetzt sind. Wie zu erkennen ist, sind wenig oder überhaupt keine Kontrastunterschiede zwischen den unterschiedlichen Strukturen in dem Leuchtschirmbild vorhanden. In **Fig. 4C** ist ein Bild dargestellt, das mittels des dreidimensionalen Modells des linken Vorhofs und des durch die Röntgendurchleuchtung erlangten Projektionsbilds zur Deckung gebracht ist. Zusammenfassend bezugnehmend auf **Fig. 4A**, **B** und **C**, die sämtliche in einer anteroposterioren Ansicht abgebildet sind, ist der Katheter **260** in dem Koronarsinus gesetzt (CS-Katheter), der Appendix des linken Herzvorhofs mit LAA (Left Atrial Appendage) bezeichnet, die rechte obere Pulmonalvene mit RSPV (Right Superior Pulmonary Vein) bezeichnet, die linke obere Pulmonalvene mit LSPV (LSPV) bezeichnet, und der Mitralklappenringspalt mit MV (Mitral Valve) bezeichnet.

[0055] **Fig. 3** veranschaulicht ein Flussdiagramm eines exemplarischen Verfahrens **300**, das dazu dient, ein 3D-Modellbild **184** mit einem Leuchtschirmbild **182** zur Deckung zu bringen, wobei ein Röntgendurchleuchtungssystem **115** verwendet wird, um 2D-Leuchtschirmbilder (beispielsweise Röntgenprojektionsbilder) **182** zu erzeugen und ein CT-System **118** verwendet wird, um 3D-Modellbilder **184** zu erzeugen. Vor einer Bildakquirierung wird der Katheter **260** mittels bekannter Techniken in einer anatomischen Struktur (beispielsweise den Koronarsinus) einer anatomischen Region (beispielsweise des Herzens) **255** des Patienten **250** angeordnet. Während der Akquisition der Bilder **182**, **184** wird ein gemeinsames anatomisches Referenzsystem (beispielsweise die Patientenliege) **117** verwendet, wodurch zwischen den beiden Bildgebungssystemen **115**, **118** ein Bezugsglied errichtet wird. Nach der Bildakquirierung verarbeitet **305** ein Verarbeitungsschaltkreis **170** die Bilddaten **182**, **184** in einer weiter unten detaillierter beschriebenen Weise so, dass das dreidimensionale Modell **184** im Ergebnis mit dem Leuchtschirmbild **182** zur Deckung gebracht wird **310**. Im Allgemeinen nutzt der Verarbeitungsschaltkreis **170** das gemeinsame Referenzsystem **117**, um bekannte, jedes der Bildakquisitionssysteme **115**, **118** betreffende geometrische Daten zu verknüpfen, und verwendet dem Katheter **260** zugeordnete unterscheidbare Parameter, die sich sowohl dem ersten als auch dem zweiten Bildakquisitionssystem **115**, **118** entnehmen lassen, um die beiden Bilder **182**, **184** zur Deckung zu bringen.

[0056] Während der Verarbeitungsphase **305** wird vor dem tatsächlichen Vorgang des Zurdeckungbringens

310 eine Vorverarbeitung **315** und **320** an den Bildern **182** bzw. **184** durchgeführt. Während der Vorverarbeitung **315** werden die Röntgenprojektionsbilder **182** analysiert **325**, **330**, um die Wahrscheinlichkeit zu ermitteln, mit der das aufscheinende Katheterbild tatsächlich den Katheter **260** darstellt, und um anhand der bekannten Ist-Abmessung des Katheters, wie sie vor dem Einführen in den Patient **250** gemessen wurde, und der aufscheinenden Katheterabmessung, wie sie anhand des Leuchtschirmbilds **182** gemessen wird oder aus diesem entnommen wird, einen Vergrößerungsfaktor λ für das Leuchtschirmbild **182** zu ermitteln.

[0057] Eine Vorverarbeitung **320** verfolgt beide Pfade **335**, **340**, wobei sich Pfad **335** auf die Verarbeitung der anatomischen Strukturen in dem für die Überdeckung verwendeten CT-Modell bezieht, und Pfad **340** sich auf die Verarbeitung der klinischen Struktur bezieht, die nach dem Zurdeckungsbringen angezeigt werden soll. In Übereinstimmung mit Ausführungsbeispielen der Erfindung ist wenigstens ein Katheter in der oberen Hohlvene SCV (Superior Vena Cava) und/oder in dem Koronarsinus CS (Coronary Sinus) angeordnet. Auf beiden Pfaden **335**, **340** führt die Vorverarbeitung **320** mit Blick auf die anhand des Leuchtschirmbilds **182** unterscheidbare Geometrie an dem dreidimensionalen Modell **184** eine Parallelprojektionsoperation **355** durch, wodurch das dreidimensionale Modell **184** bezüglich des Leuchtschirmbilds **182** genau ausgerichtet wird. In Block **360** wird das Bild **184** verarbeitet, um den Pfad des Katheters **260** in dem einen oder den mehreren interessierenden Blutgefäßen, z.B. der SVC oder dem Koronarsinus festzulegen. In Block **365** wird das Ergebnis der in Schritt **325** und **330** durchgeführten Verarbeitung verwendet, um die Bilder **182** mit dem Pfad **360** zur Deckung zu bringen. Als Ergebnis dieser Überdeckung wird eine Transformation identifiziert, die die Bilder **184** und die Bilder **182** verknüpft.

[0058] In Block **310** verwendet der Ausrichtvorgang ein Erzeugen sowohl eines Translationsfaktors (x, y) , der dazu dient, das dreidimensionale Modell **184** relativ zu dem Leuchtschirmbild **182** parallel zu verschieben, als auch einen Skalierungsfaktor λ , um den Maßstab des 3D-Modells **184** bezüglich des Leuchtschirmbilds **182** einzustellen. Der Translationsfaktor ist einfach zu erhalten und verwendet bekannte Techniken und Verarbeitungen, beispielsweise ein fluchtendes Ausrichten der Mittelpunkte gemeinsamer anatomischer Strukturen. Grundsätzlich lässt sich mittels dem Verfahren einer fluchtenden Ausrichtung auch eine Rotation entlang einer Achse senkrecht zu der Projektionsebene kompensieren. Allerdings ist der Skalierungsfaktor komplizierter und wird im Folgenden anhand alternativer Beispiele beschrieben. Im Allgemeinen hängt der Skalierungsfaktor jedoch von bekannten Daten ab, die von dem gemeinsamen anatomischen Referenzsystem **117** und unterscheidbaren Merkmalen des Katheters **260** stammen.

[0059] In einem ersten Ausführungsbeispiel wird der aufscheinende Durchmesser des Katheters **260** in dem Leuchtschirmbild **182** bestimmt und anschließend mit dem bekannten Ist-Durchmesser des Katheters **260** verglichen. Anhand dieser Daten lässt sich die Ist-Abmessung einer anatomischen Struktur in der anatomischen Region **255** in dem Leuchtschirmbild **182** ermitteln. Die anatomische Struktur in dem Leuchtschirmbild **182** wird anschließend mit derselben anatomischen Struktur in dem dreidimensionalen Modell **184** zur Deckung gebracht, wobei nun die Ist-Abmessungen mit den aufscheinenden Abmessungen derselben anatomischen Struktur in dem dreidimensionalen Modell **184** verglichen werden können. Anhand dieses Vergleichs kann ein Skalierungsfaktor zwischen dem ersten und dem zweiten Bildakquisitionssystem **115**, **118** berechnet werden.

[0060] In einem zweiten Ausführungsbeispiel wird der Katheter **260** bei einer bekannten anatomischen Struktur in der anatomischen Region **255** an einer Stelle angeordnet, die durch den Schnittpunkt einer horizontalen Ebene **265** und der Geraden **270** definiert ist, die den Brennpunkt **275** des Röntgendurchleuchtungssystems **115** mit der Projektion des Katheters **260** in dem Leuchtschirmbild **182** verbindet. Im vorliegenden Fall ist die horizontale Ebene **265** durch eine Höhe h oberhalb des anatomischen Referenzsystems **117** gegenüber der bekannten anatomischen Struktur in dem Röntgendurchleuchtungssystem **115** definiert, durch die eine bekannte Position des Katheters **260** in dem Röntgendurchleuchtungssystem **115** und in dem CT-System **118** bezüglich des anatomischen Referenzsystems **117** festgelegt wird. Mit Kenntnis des Ortes des Katheters **260** in dem dreidimensionalen Modell **184** und der Ist- und der aufscheinenden Abmessungen für die Höhe h in dem dreidimensionalen Modell **184** lässt sich die Ist-Abmessung derselben anatomischen Struktur in dem dreidimensionalen Modell **184** wie derjenigen in dem Leuchtschirmbild **182** ermitteln. Durch Vergleichen der Ist- mit den aufscheinenden Abmessungen der anatomischen Struktur in dem dreidimensionalen Modell **184** kann ein Skalierungsfaktor zwischen dem ersten und zweiten Bildakquisitionssystem **115**, **118** berechnet werden.

[0061] In einem dritten Ausführungsbeispiel wird das Röntgendurchleuchtungssystem **115** verwendet, um einen ersten und einen zweiten Satz von Röntgenprojektionsbildern hervorzubringen, die mittels mindestens zwei unterschiedlichen Röntgenprojektionen erzeugt sind, die um einen Winkel getrennt sind, der ausreicht, um deutlich unterschiedliche Projektionsbilder der anatomischen Region **255** zu erzielen. Im vorliegenden Fall, wie in weiteren Ausführungsbeispielen, wird der Katheter **260** bei einer bekannten anatomischen Struktur in

der anatomischen Region **255** angeordnet. Durch eine Analyse der beiden Sätze von Projektionsbildern unter Verwendung eines bekannten Triangulationsansatzes lässt sich die Position des Katheters **260** in dem dreidimensionalen Modell **184** bezüglich des Brennpunkts **275** der Röntgenstrahlenquelle **280** des Röntgendurchleuchtungssystems **115** ermitteln, wodurch eine Abmessung b definiert ist, die eine bekannte Position des Katheters **260** in dem Röntgendurchleuchtungssystem **115** und in dem CT-System **118** bezüglich des Brennpunkts **275** festlegt. Mit Kenntnis des Ortes des Katheters **260** in dem dreidimensionalen Modell **184** und der Ist- und der aufscheinenden Abmessungen für die Abmessung b in dem dreidimensionalen Modell **184** lässt sich die Ist-Abmessung derselben anatomischen Struktur in dem dreidimensionalen Modell **184** wie derjenigen in dem Leuchtschirmbild **182** ermitteln. Durch Vergleichen der Ist- und der aufscheinenden Abmessungen der anatomischen Struktur in dem dreidimensionalen Modell **184** kann ein Skalierungsfaktor zwischen dem ersten und zweiten Bildakquisitionssystem **115**, **118** berechnet werden.

[0062] Während hier offenbarte Ausführungsbeispiele sich auf die Abmessung des Katheters **260** für Skalierungszwecke beziehen, wird es als Vorteil angesehen werden, dass auch andere erfassbare Merkmale für eine Skalierung verwendet werden können, beispielsweise der zwischen den Elektroden vorhandene Abstand an dem Katheter **260**. Dementsprechend sollen Ausführungsbeispiele der Erfindung für Skalierungszwecke nicht allein auf einen Bezug auf die Abmessung des Katheters **260** beschränkt sein.

[0063] Um ein auf die zyklische Bewegung des Herzens oder einer sonstigen interessierenden anatomischen Region **255** zurückzuführendes mögliches Verwackeln des zur Deckung gebrachten Bildes des dreidimensionalen Modells **184** zu vermeiden, kann der Verarbeitungsschaltkreis **170** auf zusätzliche ausführbare Befehle reagieren, die dazu dienen, das dreidimensionale Modell **184** mit dem Leuchtschirmbild **182** in Synchronisation mit der zyklischen Bewegung der anatomischen Region **255**, d. h. in Synchronisation mit der zyklischen Bewegung eines Herzschlags, zur Deckung zu bringen.

[0064] Nachdem die Überdeckung des dreidimensionalen Modells **184** mit dem Leuchtschirmbild **182** errichtet ist, wird nun auf **Fig. 6** eingegangen, die ein verallgemeinertes Flussdiagramm eines Überdeckungsverfahrens **400** veranschaulicht, das dazu dient, das dreidimensionale Modell **184** der anatomischen Region **255** des Patienten **250** mit einem auf einem Katheter basierenden Positionsverfolgungssystem **405**, wie es am besten in **Fig. 7** zu sehen ist, zur Deckung zu bringen. In **Fig. 6** wird die Überdeckung des dreidimensionalen Modells **184** mit dem Leuchtschirmbild **182** als eine erste Überdeckung **R1** bezeichnet, und die Überdeckung des auf einem Katheter basierenden Positionsverfolgungssystems **405** mit dem Leuchtschirmbild **182** als eine zweite Überdeckung **R2** bezeichnet. Das auf einem Katheter basierende Positionsverfolgungssystem **405** wird im Allgemeinen als ein interventionelles Positionsverfolgungssystem bezeichnet, da es einen Katheter aufweisen kann oder auch nicht. Beispielsweise kann das Positionsverfolgungssystem **405** eine Stimulations- und/oder Defibrillationselektrode enthalten. In einem Ausführungsbeispiel enthält das auf einem Katheter basierende Positionsverfolgungssystem (Positionsverfolgungssystem) **405** einen Katheter **260**, der eine Positionsanzeige **410** und eine Ablationselektrode **415** aufweist. Die Positionsanzeige **410** kann auf einer Miniaturspule, drei miniaturisierten Orthogonalspulen oder einer beliebigen sonstigen Positionsanzeigevorrichtung basieren, die geeignet ist, um Signale zu erzeugen, die ihre Koordinaten bezüglich eines definierten zweiten anatomischen Referenzsystems **420** kennzeichnen (wobei ein anatomisches Referenzsystem (Liege) **117** als ein erstes anatomisches Referenzsystem bezeichnet wird). In einem Ausführungsbeispiel ist das zweite anatomische Referenzsystem **420** ein Koordinatensystem, das sowohl dem Positionsverfolgungssystem **405** als auch dem Leuchtschirmbild **182** des Röntgendurchleuchtungssystems **115** gemein ist. Von der Positionsanzeige **410** ausgegebene Signale werden über eine Katheterelektrode **262**, eine Kommunikationsverbindung **218** oder die Kommunikationsverbindungen **210** und **212** an den Verarbeitungsschaltkreis **170** übermittelt. Durch Verwenden des (zweiten) gemeinsamen anatomischen Referenzsystems **420** und der von der Positionsanzeige **410** stammenden Signale ist der Verarbeitungsschaltkreis **170**, der geeignet konfiguriert ist, um passend codierte Befehle auszuführen, in der Lage, das auf einem Katheter basierende Positionsverfolgungssystem **405** mit dem Leuchtschirmbild **182** und dem Röntgendurchleuchtungssystem **115** zur Deckung zu bringen.

[0065] Zusätzlich zu den zuvor erörterten Techniken, die dazu dienen, das dreidimensionale Modell **184** mit dem Leuchtschirmbild **182** zur Deckung zu bringen, ist der Verarbeitungsschaltkreis **170** außerdem konfiguriert, um ausführbare Befehle zum Aufzeichnen der Position einer ersten Position des Katheters **260** in dem Leuchtschirmbild **182** zu verarbeiten und in Antwort auf von der Positionsanzeige **410** ausgegebene Signale die entsprechenden Koordinaten des Katheters **260** an der ersten Position aufzuzeichnen. Indem anschließend die Positionsdaten mit den Koordinatendaten zur Deckung gebracht werden, lässt sich die Positionsanzeige **410** mit dem Leuchtschirmbild **182** zur Deckung bringen. Ganz allgemein verlangt eine genaue Überdeckung des auf einem Katheter basierenden Positionsverfolgungssystems **405** mit dem Röntgendurchleuchtungssystem **115** wenigstens drei der Positionsanzeige **410** zugeordnete Datenpunkte, wobei jede Bildposition

und entsprechende Koordinatenposition aufgezeichnet wird. Allerdings ist ein Ausführungsbeispiel eines Verarbeitungsschaltkreises 170 mit Blick auf eine verbesserte Genauigkeit dazu eingerichtet, mehrere der Positionsanzeige 410 zugeordnete Datenpunkte zur Deckung zu bringen.

[0066] Aufgrund von Systemvariablen sind die von der Positionsanzeige 410 ausgegebenen Positionssignale möglicherweise nicht in der Lage, genaue Koordinaten für die Position der Positionsanzeige 410, sondern statt dessen lediglich einen Näherungswert für die Koordinaten zur Verfügung zu stellen. Zwar ist der Näherungswert möglicherweise sehr gut, stellt jedoch nichtsdestoweniger nur eine Näherung dar. In einem solchen Fall kann ein Ausführungsbeispiel des Verarbeitungsschaltkreises 170 dazu eingerichtet sein, eine Wahrscheinlichkeitsfunktion zu berechnen, die die Wahrscheinlichkeit des Katheters 260 oder insbesondere der Positionsanzeige 410 kennzeichnet, die sich bei den Koordinaten befindet, die durch die von der Positionsanzeige 410 ausgegebenen Signale angezeigt wird. Eine exemplarische Wahrscheinlichkeitsfunktion ist in Fig. 8 als ein Kugeloberflächenausschnitt 425 veranschaulicht, der eine Wahrscheinlichkeitsregion definiert, die eine Region in dem Leuchtschirmbild 182 und dem zur Deckung zu bringenden dreidimensionalen Modell 184 repräsentiert, in der mit hoher Wahrscheinlichkeit die Spitze des Katheters 260 angeordnet ist. Während Fig. 8 die während Fig. 8 die x-, y- und z-Positionsverteilungsfunktionen 430, 435 und 440 als glockenförmige Normalverteilungsfunktionen veranschaulicht, ist es klar, dass diese Form lediglich als Beispiel dient, und dass diese daher durch eine beliebige andere Verteilungsfunktion ersetzt werden kann. Im vorliegenden Fall kann der Verarbeitungsschaltkreis 170 programmiert sein, eine Wahrscheinlichkeitsfunktion zu berechnen, die die Wahrscheinlichkeit kennzeichnet, mit der sich die Stimulations- und/oder Defibrillationselektrode bei den Koordinaten befindet, die durch die von der Positionsanzeige ausgegebenen Signale angezeigt wird, und die Wahrscheinlichkeitsfunktion auf das dreidimensionale Modell anzuwenden, um eine Wahrscheinlichkeitsregion zu definieren, die eine Region in dem dreidimensionalen Modell repräsentiert, in der die Elektrode wahrscheinlich angeordnet ist.

[0067] Während Ausführungsbeispiele der Erfindung ein Herz als eine exemplarische anatomische Region offenbaren, ist es klar, dass die Erfindung nicht in dieser Weise beschränkt ist, und dass der Schutzzumfang der Erfindung auch andere interessierende anatomische Regionen innerhalb des Patienten einschließt. Während Ausführungsbeispiele der Erfindung einen Koronarsinus als eine exemplarische anatomische Struktur innerhalb einer anatomischen Region offenbaren, ist es klar, dass die Erfindung nicht in dieser Weise beschränkt ist, und dass der Schutzzumfang der Erfindung andere anatomische Strukturen innerhalb einer anatomischen Region einschließt. Während Ausführungsbeispiele der Erfindung einen innerhalb des Patienten angeordneten Katheter offenbaren, ist es klar, dass die Erfindung nicht in dieser Weise beschränkt ist, und dass der Schutzzumfang der Erfindung andere Vorrichtungen einschließt, die sich mittels Röntgenstrahlung und CT unterscheiden lassen, beispielsweise eine Stimulations- und/oder Defibrillationselektrode.

[0068] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung kann in Form von rechnergestützten Verfahren und Vorrichtungen zum Verwirklichen jener Verfahren durchgeführt sein. Die vorliegende Erfindung kann ferner in Form eines Softwareprodukts verwirklicht sein, das Computerprogrammcode aufweist, der Befehle enthält, die in einem materiellen Medien, z.B. Disketten, CD-ROMs, Festplatten, USB-(universelle serielle Bus)-Laufwerken oder in einem beliebigen sonstigen von einem Rechner auslesbaren Speichermedium verkörpert sind, wobei der Rechner, wenn der Computerprogrammcode in einen Rechner geladen und durch diesen ausgeführt wird, zu einer Vorrichtung zur praktischen Verwirklichung der Erfindung wird. Die vorliegende Erfindung kann ferner in Form eines Computerprogrammcodes verwirklicht sein, der beispielsweise auf einem Speichermedium gespeichert, in einen Rechner geladen und/oder durch diesen ausgeführt, oder über irgendein Übertragungsmedium, z.B. eine elektrische Verdrahtung oder Verkabelung, durch Glasfaseroptik oder mittels elektromagnetischer Strahlung übermittelt wird, wobei der Rechner, wenn der Computerprogrammcode in einen Rechner geladen und durch diesen ausgeführt wird, eine Vorrichtung zur praktischen Verwirklichung der Erfindung wird. Wenn die Computerprogrammcode-segmente auf einem für allgemeine Aufgaben ausgelegten Mikroprozessor durchgeführt werden, konfigurieren sie den Mikroprozessor dazu, spezielle Logikschaltungen hervorzubringen. Der technische Effekt der ausführbaren Befehle basiert darauf, dass ein dreidimensionales Modell mit einem Leuchtschirmbild zur Deckung gebracht wird, um mindestens den Zweck zu erfüllen, in einem medizinischen interventionellen Verfahren von Vorteil zu sein.

[0069] Wie offenbart, können einige Ausführungsbeispiele der Erfindung einige der folgenden Vorteile aufweisen: die Verfügbarkeit einer CT-Fluoro-Überdeckungstechnik, die es ermöglicht, Stimulationselektroden zu navigieren und an der am besten geeigneten Stelle anzuordnen, um dadurch die Effizienz einer biventrikulären Stimulation oder einer Stimulation der linken Herzkammer zu verbessern; die Verfügbarkeit einer CT-Fluoro-Überdeckungstechnik, die die Position des Koronarsinus auf dem dreidimensionalen Modell zeigen wird, wodurch die Notwendigkeit eliminiert wird im Falle einer biventrikulären Stimulation, vor einer Implantation der Koronarsinuselektrode eine Koronarsinus-Angiographie durchzuführen; die Fähigkeit, den Koronarsinuskathe-

ter bei einer AF-Ablation für eine kontinuierliche Überdeckung zu verwenden; die Fähigkeit, für eine vorgegebene Orientierung des interventionellen Systems automatisch eine Projektion des dreidimensionalen Modells zu erzeugen, das dem durch das interventionelle System erzeugten Bild geometrisch nahe kommt; die Fähigkeit die Daten, die anhand eines dreidimensionalen Modells erhalten wurden, das mittels eines Scanners erzeugt wurde, mit den live in Echtzeit durch Leuchtschirmbildgebung erzeugten Daten zusammenzuführen; die Verfügbarkeit einer Technik, die eine Visualisierung der wahren dreidimensionalen Geometrie der unterschiedlichen Pulmonalvenen- linken Herzvorhof-Verbindungs- und anderer strategischer Bereiche in den Vorhöfen ermöglichen wird, indem die Bildgebungsfähigkeiten der CT genutzt werden, und, was noch wichtiger ist, diese Bilder mit Röntgendurchleuchtung zur Deckung gebracht werden, um es zu erleichtern, die Pulmonalvenen und diese Bereiche, die AF auslösen und aufrechterhalten, gezielter und einfacher zu isolieren; und die Fähigkeit, die Bewegung eines Katheters während eines interventionellen Vorgehens in Echtzeit genau und fortlaufend zu verfolgen.

[0070] Außerdem können Ausführungsbeispiele der Erfindung dafür eingesetzt werden, ein Lieferungssystem zu navigieren, beispielsweise einen Katheter oder eine (im Allgemeinen als der Katheter **260** dargestellte) Hülsvorrichtung für andere Formen von Therapien, z.B. Setzen eines Stents bei einer Koronararterienkrankung, bedarfsgemäßes Liefern von Zellen, Genen oder anderen Formen von Therapien zu den geeigneten Stellen. Im vorliegenden Fall kann der Verarbeitungsschaltkreis **170** programmiert sein, um anhand des Röntgendurchleuchtungssystems ein Leuchtschirmbild der anatomischen Region zu erzeugen, wobei in die anatomische Region ein Katheter gesetzt ist, Erzeugen eines dreidimensionalen Modells der anatomischen Region, die von dem zweiten Bildakquisitionssystem mit einer unterschiedlichen Modalität erhalten wurde, Analysieren des Leuchtschirmbilds und des dreidimensionalen Modells bezüglich eines gemeinsamen anatomischen Referenzsystems, Überwachen der Einführung einer Katheterlieferungsvorrichtung in den interessierenden anatomischen Bereich, Navigieren der Katheterlieferungsvorrichtung über das zur Deckung gebrachte Modell zu einer interessierenden anatomischen Stelle und Verwenden der Katheterlieferungsvorrichtung, um eine Therapie zu liefern. Während die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben wurde, ist es dem Fachmann klar, dass an deren Elementen vielfältige Änderungen vorgenommen werden können und die Beispiele durch äquivalente Ausführungen substituiert werden können, ohne dass der Schutzbereich der Erfindung berührt ist. Darüber hinaus können viele Abwandlungen vorgenommen werden, um eine besondere Situation oder ein spezielles Material an die Lehre der Erfindung anzupassen, ohne von dem hauptsächlichlichen Gegenstand der Erfindung abzuweichen. Es ist dementsprechend nicht beabsichtigt, die Erfindung auf das offenbarte spezielle Ausführungsbeispiel als die beste oder einzige Weise zu beschränken, die in Erwägung gezogen wird, um die vorliegende Erfindung auszuführen, vielmehr soll die Erfindung sämtliche Ausführungsbeispiele einbeziehen, die in den Schutzbereich der beigefügten Patentansprüche fallen. Darüber hinaus ist mit der Verwendung der Begriffe erste, zweite, usw. nicht eine Reihenfolge oder ein Vorrang festgelegt, vielmehr werden die Begriffe erste, zweite, usw. verwendet, um ein Element von einem anderen zu unterscheiden. Außerdem bedeutet die Verwendung der Begriffe ein, eine, usw. keine Beschränkung der Menge, sondern bezeichnet vielmehr die Anwesenheit von mindestens einem der betreffenden Elemente.

TEILELISTE

100	Bildgebungssystem
110	Bildgebungsvorrichtung (CT-System)
110'	Bildgebungsvorrichtung (Röntgendurchleuchtungssystem)
112	EKG
114	R-Scheitelpunktereignis
115	Röntgendurchleuchtungssystem (Bildakquisitionssystem)
116	Schnittstellenplatine
117	Liege (anatomisches Referenzsystem)
118	Scanner, CT-System (Bildakquisitionssystem)
120	Datenakquisitionssystem
130	Akquisitionsdatenbank
135	EKG-zeitgefilterte Rekonstruktion
140	Bilderzeugungssystem
150	Bilddatenbank
160	Anwenderschnittstellensystem
162	Tastatur
164	Display
166	Display
167	Archiv
168	Film
169	Netzwerk
170	Prozessor (Verarbeitungsschaltkreis)
180	Nachverarbeitungssystem
182	Leuchtschirmbild
184	3D-Modellbild
186	Display
200	Arbeitsspeicher
205	Datenzugangspunkt
210	Systemkommunikationsverbindung
212	Systemkommunikationsverbindung

216	Systemkommunikationsverbindung
218	Systemkommunikationsverbindung
220	Datenbankkommunikationsverbindung
222	Datenbankkommunikationsverbindung
230	Subsystem
240	Koronarsinus
250	Patient
255	Anatomische Region
260	Katheter
262	Katheterelektrode
265	Ebene
270	Gerade
275	Brennpunkt
280	Röntgenstrahlenquelle
300	Verfahren Fig. 3
305	Verfahren
310	Zurdeckungbringen/Überdecken/Ausrichten
315	Vorverarbeiten
320	Vorverarbeiten
325	Analysieren
330	Analysieren
335	Pfad
340	Pfad
345	SVC+CS-Modell
350	LA-Modell
355	Parallelprojektion
360	Verarbeitungsblock
365	Verarbeitungsblock
400	Verfahren (Fig. 5)
405	auf einem Katheter basierende Positionsverfolgungssystem
410	Positionsanzeige

415	Elektrode
420	zweites anatomisches Referenzsystem
425	Wahrscheinlichkeitsregion
430	Verteilungsfunktion
435	Verteilungsfunktion
440	Verteilungsfunktion

Patentansprüche

1. Bildgebungssystem (100) für den Einsatz in einem medizinischen interventionellen Verfahren, umfassend:

ein erstes Bildakquisitionssystem (115), das dazu eingerichtet ist, ein Leuchtschirmbild (182) von einer anatomischen Region (255) zu erzeugen;
ein zweites Bildakquisitionssystem (118), das dazu eingerichtet ist, ein dreidimensionales Modell (184) der anatomischen Region (255) zu erzeugen;
ein interventionelles Positionsverfolgungssystem (405), das dazu eingerichtet ist, um innerhalb der anatomischen Region (255) zu manövrieren, wobei das interventionelle Positionsverfolgungssystem (405) eine Positionsanzeige (410) aufweist;
ein erstes anatomisches Referenzsystem (117), das sowohl dem ersten als auch dem zweiten Bildakquisitionssystem (115, 118) gemein ist;
ein zweites anatomisches Referenzsystem (420), das sowohl dem ersten Bildakquisitionssystem (115) als auch dem interventionellen Positionsverfolgungssystem (405) gemein ist; und
ein Verarbeitungsschaltkreis (170), der konfiguriert ist, um ausführbare Befehle zu verarbeiten, um:
das zweite Bildakquisitionssystem (118) mit dem ersten Bildakquisitionssystem (115) zur Deckung zu bringen, um eine erste Überdeckung; zu definieren
das interventionelle Positionsverfolgungssystem (405) mit dem ersten Bildakquisitionssystem (115) zur Deckung zu bringen, um eine zweite Überdeckung zu definieren; und
anhand der ersten und zweiten Überdeckung das interventionelle Positionsverfolgungssystem (405) mit dem zweiten Bildakquisitionssystem (118) zur Deckung zu bringen.

2. Bildgebungssystem (100) nach Anspruch 1, bei dem:

das interventionelle Positionsverfolgungssystem (405) ferner einen Katheter (260) umfasst;
das Zurdeckungbringen des zweiten Bildakquisitionssystems (118) mit dem ersten Bildakquisitionssystem (115) beinhaltet, das dreidimensionale Modell (184) mit dem Leuchtschirmbild (182) zur Deckung zu bringen;
das Zurdeckungbringen des Katheterpositionsverfolgungssystems (405) mit dem ersten Bildakquisitionssystem (115) ein Zurdeckungbringen der Positionsanzeige (410) mit dem Leuchtschirmbild (182) beinhaltet;
das Zurdeckungbringen des dreidimensionalen Modells (184) mit dem Leuchtschirmbild (182) ein Zurdeckungbringen des dreidimensionalen Modells (184) mit dem Leuchtschirmbild (182) in Abhängigkeit von dem ersten gemeinsamen Referenzsystem (117) und von unterscheidbaren Parametern umfasst, die sowohl in dem ersten als auch in dem zweiten Bildakquisitionssystem (115, 118) dem Katheter (260) zugeordnet sind; und
das Zurdeckungbringen der Positionsanzeige (410) mit dem Leuchtschirmbild (182) ein Zurdeckungbringen der Positionsanzeige (410) mit dem Leuchtschirmbild (182) in Abhängigkeit von dem zweiten gemeinsamen Referenzsystem (420) und von Signalen umfasst, die die Position der Positionsanzeige (410) kennzeichnen;
wobei der Katheter (260) in dem ersten Bildakquisitionssystem (115) bei einer innerhalb der anatomischen Region (255) befindlichen anatomischen Struktur angeordnet wird; und
wobei der Verarbeitungsschaltkreis (170) ferner konfiguriert ist, um ausführbare Befehle zu verarbeiten, um:
einen Translationsfaktor zu erzeugen, der dazu dient, das dreidimensionale Modell (184) bezüglich des Leuchtschirmbilds (182) parallel zu verschieben; und
einen Skalierungsfaktor zu erzeugen, der dazu dient, den Maßstab des 3D-Modells (184) bezüglich des Leuchtschirmbilds (182) einzustellen, wobei der Skalierungsfaktor von einem unterscheidbaren Merkmal des Katheters (260) abhängt.

3. Bildgebungssystem (100) nach Anspruch 2, bei dem der Katheter (260) einen bekannten Ist-Durchmesser aufweist, und bei dem der Verarbeitungsschaltkreis (170) ferner dazu eingerichtet ist, ausführbare Befehle zu verarbeiten, um:
den in dem Leuchtschirmbild (182) aufscheinenden Durchmesser des Katheters (260) zu ermitteln, den auf-

scheinenden Durchmesser des Katheters (260) mit dem bekannten Ist-Durchmesser des Katheters (260) zu vergleichen, in Reaktion darauf eine Ist-Abmessung einer in dem Leuchtschirmbild (182) abgebildeten anatomischen Struktur in der anatomischen Region (255) zu ermitteln, die anatomische Struktur in dem Leuchtschirmbild (182) mit derselben anatomischen Struktur in dem dreidimensionalen Modell (184) abzugleichen, die Ist- und die aufscheinende Abmessung derselben anatomischen Struktur in dem dreidimensionalen Modell (184) zu vergleichen und daraus einen Skalierungsfaktor zwischen dem ersten und zweiten Bildakquisitionssystem (115, 118) zu erzeugen.

4. Bildgebungssystem (100) nach Anspruch 2, bei dem:
 der Katheter (260) bei einer bekannten anatomischen Struktur in der anatomischen Region (255) an einer Stelle angeordnet wird, die definiert ist durch den Schnittpunkt einer horizontalen Ebene und der Geraden, die den Brennpunkt des Röntgendurchleuchtungssystems (115) mit der Projektion des Katheters (260) verbindet, wobei die horizontale Ebene durch eine Höhe h oberhalb des anatomischen Referenzsystems (117) bezüglich der bekannten anatomischen Struktur in dem Röntgendurchleuchtungssystem (115) definiert ist, und dadurch eine bekannte Position des Katheters (260) in dem ersten und zweiten Bildakquisitionssystem (115, 118) festgesetzt wird; und
 der Verarbeitungsschaltkreis (117) ferner dazu eingerichtet ist, ausführbare Befehle zu verarbeiten, um:
 die Ist-Abmessung derselben anatomischen Struktur in dem dreidimensionalen Modell (184) in Abhängigkeit von der bekannten Position des Katheters in dem dreidimensionalen Modell (184) und von der Höhe h zu ermitteln, die Ist- und die aufscheinende Abmessung der anatomischen Struktur in dem dreidimensionalen Modell (184) zu vergleichen und daraus einen Skalierungsfaktor zwischen dem ersten und dem zweiten Bildakquisitionssystem (115, 118) zu erzeugen.

5. Bildgebungssystem (100) nach Anspruch 2, wobei:
 das erste Bildakquisitionssystem (115) ferner dazu eingerichtet ist, einen zweiten Satz von Röntgenprojektionsbildern (182) zu erzeugen, wobei der erste und zweite Satz von Projektionsbildern durch mindestens zwei unterschiedliche Röntgenprojektionen erzeugt wird, die um einen ausreichenden Winkel getrennt sind, um deutlich unterschiedliche Projektionsbilder der anatomischen Region (255) hervorzubringen, wobei der Katheter (260) bei einer bekannten anatomischen Struktur in der anatomischen Region (255) angeordnet wird; und
 der Verarbeitungsschaltkreis (170) ferner dazu eingerichtet ist, ausführbare Befehle zu verarbeiten, um:
 die Position des Katheters (260) in dem dreidimensionalen Modell (184) bezüglich des Brennpunkts des Röntgendurchleuchtungssystems (115) zu ermitteln, um eine Abmessung b zu definieren, indem die beiden Sätze von Projektionsbildern unter Verwendung eines Triangulationsansatzes analysiert werden; und
 die Ist-Abmessung derselben anatomischen Struktur in dem dreidimensionalen Modell (184) in Abhängigkeit von der bekannten Position des Katheters in dem dreidimensionalen Modell (184) und von der Abmessung b zu ermitteln, die Ist- und die aufscheinende Abmessung der anatomischen Struktur in dem dreidimensionalen Modell (184) zu vergleichen und daraus einen Skalierungsfaktor zwischen dem ersten und zweiten Bildakquisitionssystem (115, 118) zu erzeugen.

6. Bildgebungssystem (100) nach Anspruch 2, bei dem der Verarbeitungsschaltkreis (170) ferner dazu eingerichtet ist, ausführbare Befehle zu verarbeiten, um:
 die Position einer ersten Position des Katheters (260) in dem Leuchtschirmbild (182) aufzuzeichnen;
 in Abhängigkeit der von der Positionsanzeige (410) ausgegebenen Signale die Koordinaten des Katheters (260) an der ersten Position aufzuzeichnen; und
 die Positionsdaten mit den Koordinatendaten zur Deckung zu bringen, um dadurch die Positionsanzeige (410) mit dem Leuchtschirmbild (182) zur Deckung zu bringen;
 wenigstens drei Orte wenigstens einer ersten, einer zweiten und einer dritten Position des Katheters (260) in dem Leuchtschirmbild (182) aufzuzeichnen;
 in Abhängigkeit von den von der Positionsanzeige (410) stammenden Signalen, die Koordinaten des Katheters (260) mindestens an einer ersten, einer zweiten und einer dritten Position aufzuzeichnen; und
 die Positionsdaten mit den Koordinatendaten zur Deckung zu bringen, um dadurch die Positionsanzeige (410) mit dem Leuchtschirmbild (182) zur Deckung zu bringen.

7. Bildgebungssystem (100) nach Anspruch 6, bei dem der Verarbeitungsschaltkreis (170) ferner dazu eingerichtet ist, ausführbare Befehle zu verarbeiten, um:
 eine Wahrscheinlichkeitsfunktion zu berechnen, die die Wahrscheinlichkeit des Katheter (260) kennzeichnet, sich an den Koordinaten zu befinden, die durch die von der Positionsanzeige (410) stammenden Signale angezeigt wird; und
 die Wahrscheinlichkeitsfunktion auf das dreidimensionale Modell (184) anzuwenden, um eine Wahrscheinlichkeitsregion zu definieren, die eine Region in dem dreidimensionalen Modell (184) repräsentiert, in der sich der

Katheter (260) wahrscheinlich befindet.

8. Verfahren, das dazu dient, ein dreidimensionales Modell (184) einer anatomischen Region (255) eines Patienten mit einem auf einem Katheter basierenden Positionsverfolgungssystem (405) zur Deckung zu bringen, wobei das auf einem Katheter basierende Positionsverfolgungssystem (405) einen Katheter (260) mit einer Positionsanzeige (410) aufweist, wobei zu dem Verfahren die Schritte gehören:
 Erzeugen eines Leuchtschirmbildes (182) der anatomischen Region (255), wobei der die Positionsanzeige (410) aufweisende Katheter (260) innerhalb der anatomischen Region (255) angeordnet wird;
 Erzeugen eines dreidimensionalen Modells (184) der anatomischen Region (255);
 Zurdeckungbringen des dreidimensionalen Modells (184) mit dem Leuchtschirmbild (182) mittels eines ersten gemeinsamen anatomischen Referenzsystems (420) und eines dem Katheter (260) zugeordneten unterscheidbaren Parameters, wodurch eine erste Überdeckung definiert wird;
 Zurdeckungbringen des auf einem Katheter basierende Positionsverfolgungssystems (405) mit dem Leuchtschirmbild (182) mittels eines zweiten gemeinsamen anatomischen Referenzsystems (420) und von der Positionsanzeige (410) stammenden Signalen, die die Position des Katheters (260) in dem Leuchtschirmbild (182) repräsentieren, und dadurch eine zweite Überdeckung zu definieren;
 Zurdeckungbringen des dreidimensionalen Modells (184) mit dem auf einem Katheter basierenden Positionsverfolgungssystem (405) mittels der ersten Überdeckung und der zweiten Überdeckung.

9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem das Zurdeckungbringen des dreidimensionalen Modells (184) mit dem Leuchtschirmbild (182) folgende Schritte beinhaltet:
 Erzeugen eines Translationsfaktors, der dazu dient, das dreidimensionale Modell (184) relativ zu dem Leuchtschirmbild (182) parallel zu verschieben; und
 Erzeugen eines Skalierungsfaktors, der dazu dient, den Maßstab des 3D-Modells (184) relativ zu dem Leuchtschirmbild (182) einzustellen, wobei der Skalierungsfaktor auf einem unterscheidbaren Merkmal des Katheters (260) basiert.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem das Zurdeckungbringen den Schritt beinhaltet:
 Zurdeckungbringen des dreidimensionalen Modells (260) mit dem Leuchtschirmbild (182) in Synchronisation mit der zyklische Bewegung eines Herzens.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

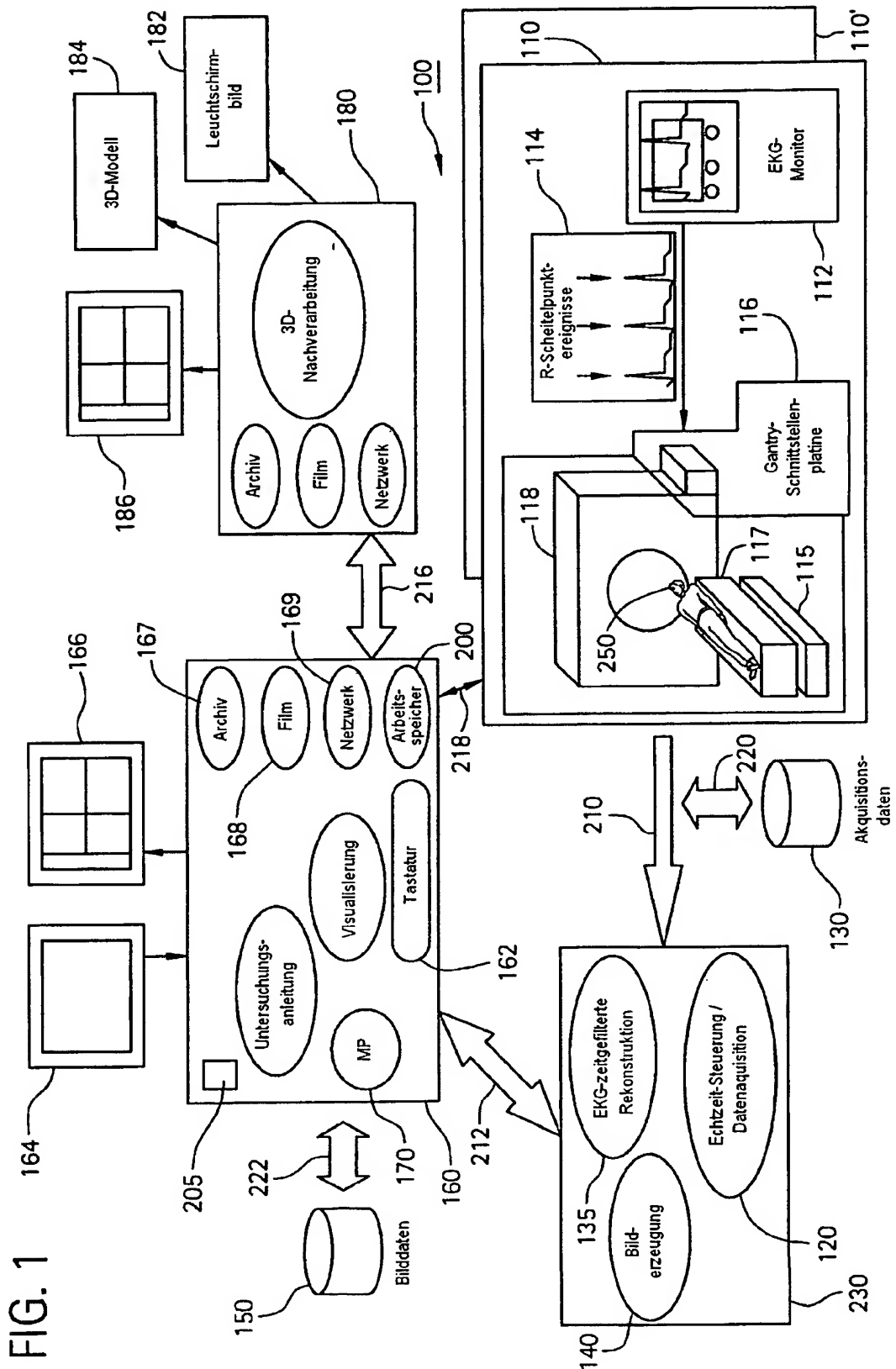


FIG. 3

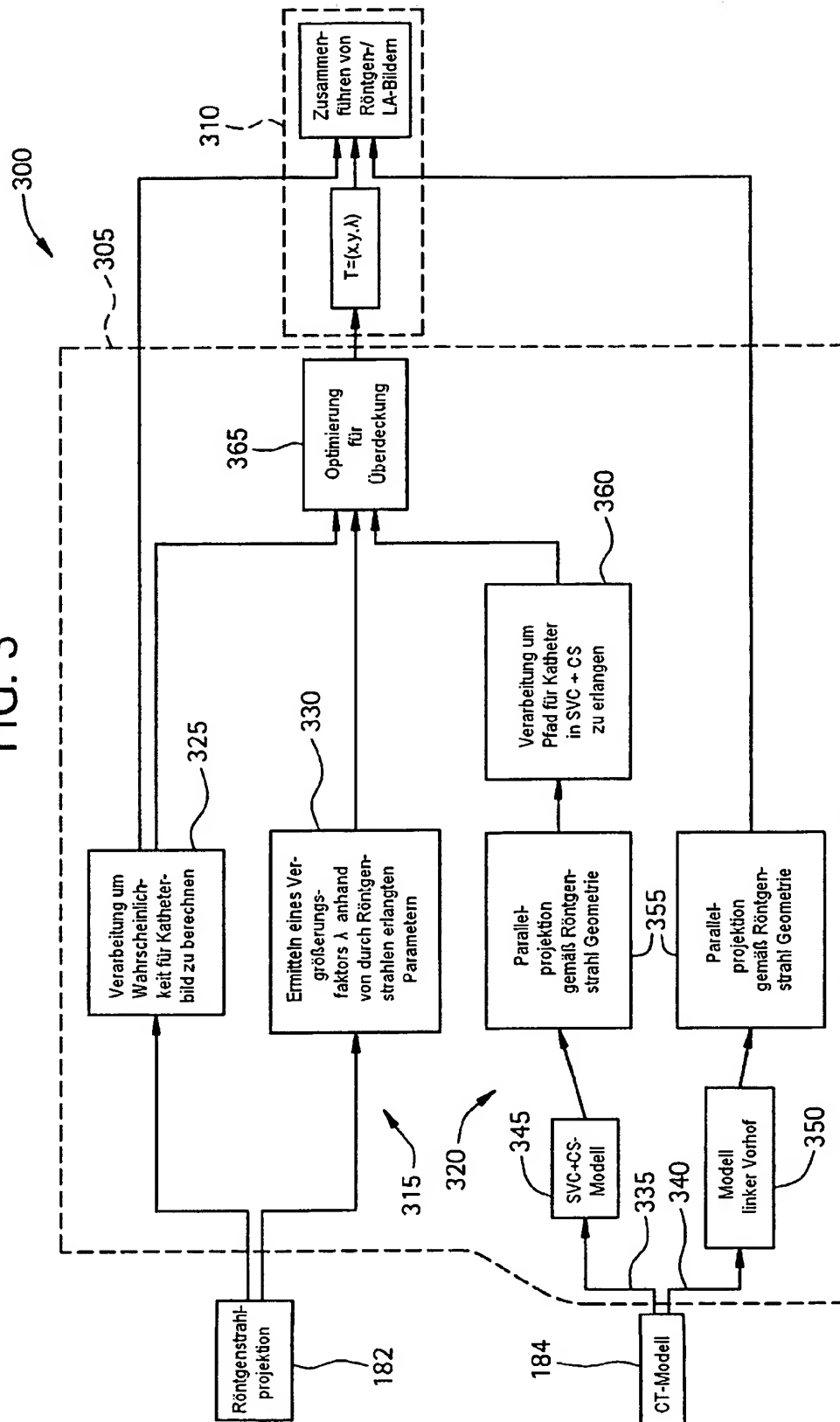


FIG. 4A

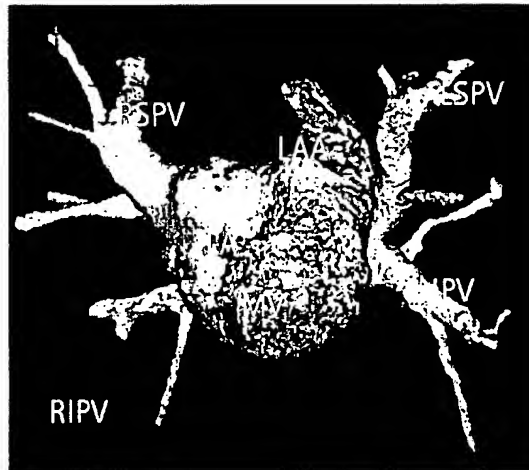


FIG. 4B

Transeptal-
Hülse

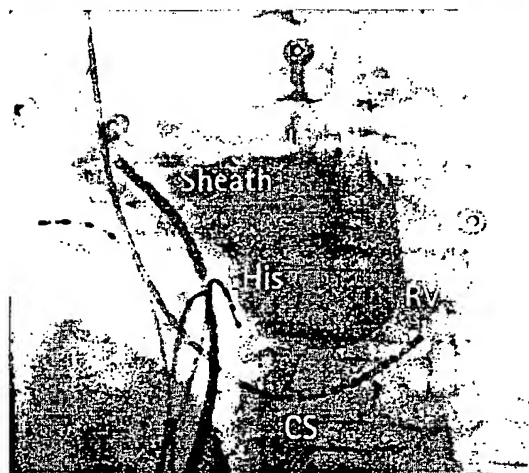


FIG. 4C



FIG. 5A

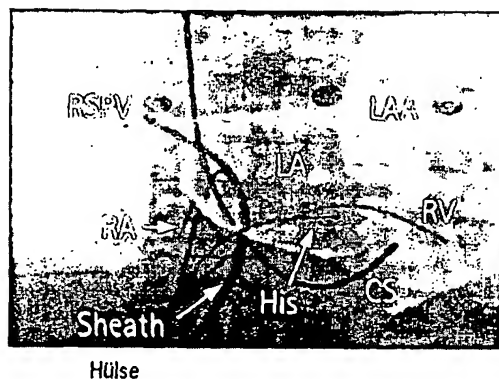


FIG. 5B



FIG. 5C



FIG. 5D



FIG. 5E



FIG. 5F



FIG. 6

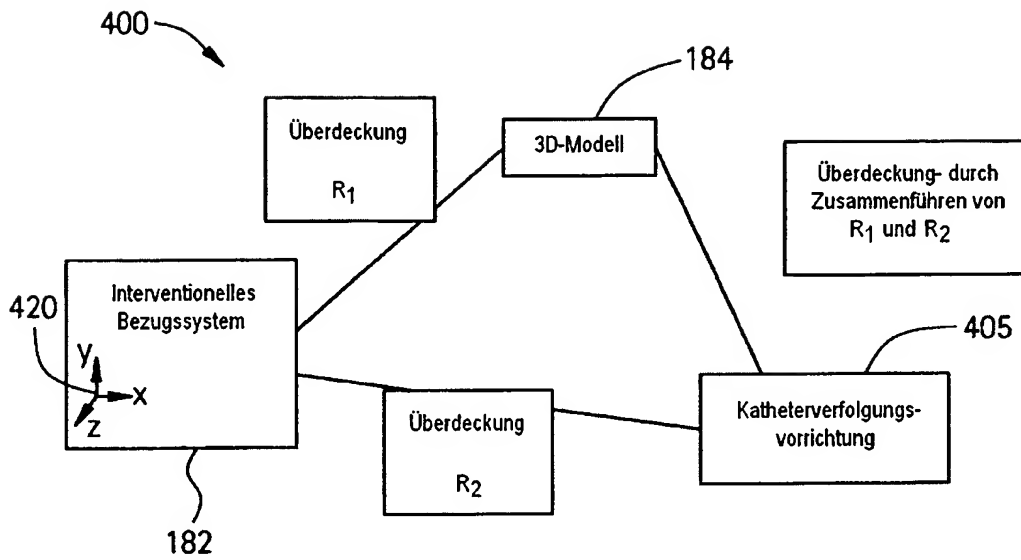


FIG. 7

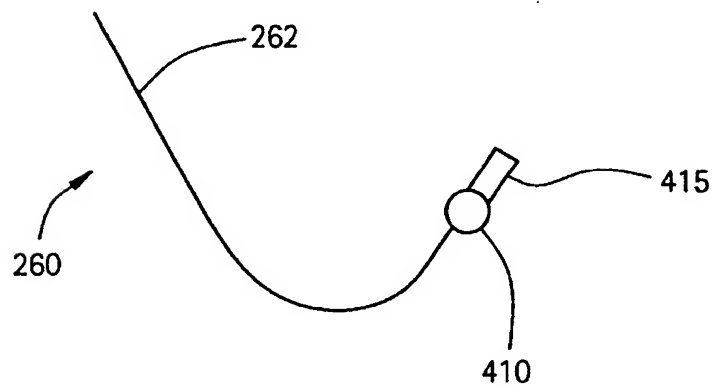


FIG. 8

